TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 227 - DEZEMBRO - 1952

CIMENTO SECIL

O CIMENTO COM AS MAIORES RESISTÊNCIAS

Fábrica no Outão — Setúbal

Lisboa — Rua do Comércio, 56-3.º

Desde o Distrito de **VIANA DO CASTELO** ao de **LEIRIA** e nos Distritos de **SETÚBAL** e **ÉVORA** as

FÁBRICAS
CIDADES
VILAS e
ALDEIAS portuguesas

são abastecidas de

ELECTRICIDADE

para

FORÇA MOTRIZ E TODOS OS USOS INDUSTRIAIS, LUZ, ETC., a TARIFAS MUITO VANTAJOSAS e com as **maiores facilidades**,

pela

UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA

e produzidas nas CENTRAIS:

Thérmica do FREIXO .... 22.000 CV
Hidráulica do LINDOSO..... ... 100.000 CV
Thérmica da CACHOFARRA... 14.000 CV

Os Escritórios da UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA são:

NO PORTO Rua Duque de Loulé, 240
EM LISBOA R. António Maria Cardoso, 13, 2.º

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

A instalação mais moderna do País. Dois fornos rotativos em laboração. — O "CIMENTO TEJO" marca pelas suas altas resistências e regularidade, garantidas pela fiscalização contínua de todas as fases do fabrico, exercida por técnicos portugueses especializados.

Pedidos à Companhia "CIMENTO TEJO"

SEDE EM LISBOA
RUA DA VITÓRIA, 88, 2.º

FILIAL NO NORTE
AV. DOS ALIADOS, 20, 3.º
PORTO

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Ano XXVI - N.º 227 Dezembro de 1952

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * LISBOA-N. * TELEF. 70144 (Linha 50)

DIRECTOR
MANUEL ALVES MARQUES

ADMINISTRADOR
JOSÉ MANUEL DA CRUZ MORAIS

SECRETÁRIO
FERNANDO MARQUES DE OLIVEIRA

CORPO REDACTORIAL
DUARTE LINO PIMENTEL
FERNANDO ALVES DA SILVA
JOÃO MADEIRA COSTA
NUNO M. DE ALMEIDA ALVES

NUMERO AVULSO 12$50

ASSINATURAS:

	3 N.os	5 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	32$50	50$00	95$00
Colónias Portuguesas e Estrangeiro	—	55$00	100$00

EDITOR E PROPRIETÁRIO
ASS. DOS ESTUD. DO I.S.T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.DA
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — FÁBRICA DE CIANAMIDA CÁLCICA (em montagem) — CANAS DE SENHORIM — Fornos de azotação e moagem de cianamida.

Págs.

O Engenheiro na hora actual — Formação e mentalidade
Pelo Eng.º Alberto Abecasis Manzanares, Prof. do I. S. T. 137

Fomento 141

Efeito de pele. Cálculo da resistência efectiva de condutores em corrente alternada.
Pelo Eng.º Dipl.º (I. S. T), António A. de Carvalho Fernandes, M. I. R. E., A. M. I. E. E. 151

Novas realizações nacionais — **Cianamida cálcica**
Pelo Eng.º Químico-Industrial (I. S. T.) Manuel Chagas Roquette 157

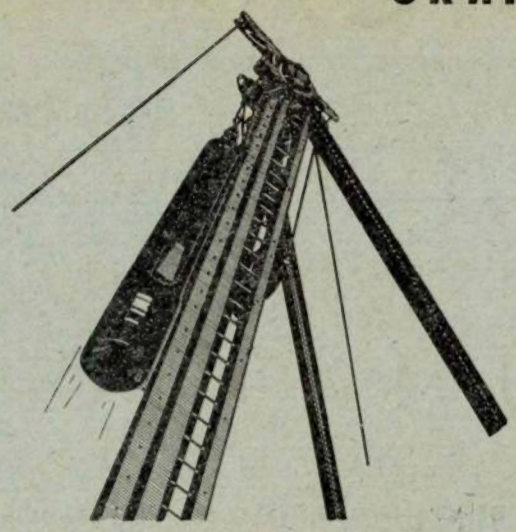
Perspectivas da pré-fabricação na construção de habitações
Pelo Eng.º Chefe da Secção de Processos de Construção do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Ruy José Gomes 171

Dimensionamento das descargas de fundo
Pelo Eng.º Civil (E. E.) Baptista Júnior 185

Do Mundo Técnico 192

Biblioteca 195

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES



GRANDE PODER DE PENETRAÇÃO

DURANTE A CRAVAÇÃO DO TUBO-MOLDE, UM PILÃO DE 3000 KG. EM QUEDA LIVRE DE VÁRIOS METROS DE ALTURA QUEBRA OS POSSIVEIS OBSTÁCULOS EXISTENTES NO SOLO E ASSEGURA UMA CRAVAÇÃO EXTREMAMENTE RÁPIDA

FUNDAÇÕES FRANKI

SOCIEDADE CONSTRUTORA PORTUGUESA L.DA

PRAÇA DA ALEGRIA 20 R/C LISBOA

Cimento «Liz» hidrofugado «N»

PRÓPRIO PARA

IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS

REBOCOS, FUNDAÇÕES, PAREDES, ETC.

Substitue com vantagem de ordem técnica e económica todos os impermeabilizadores conhecidos.

Em sacos de papel de 50 quilos

Peçam instruções para o seu emprêgo

Sede: Rua do Cais de Santarém, 64, 1.º — LISBOA
Filial: Rua de Santo António, 190-A, 1.º — PORTO

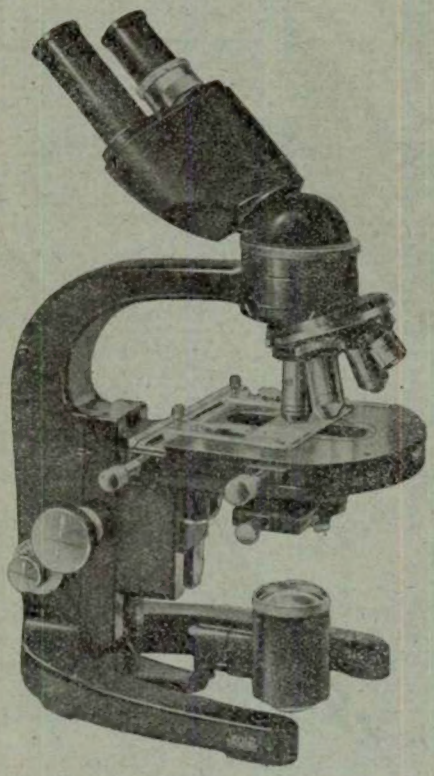
Agentes em todo o País

MICROSCÓPIOS WILD

FABRICAÇÃO SUÍÇA

Para todas as investigações microscópicas em campo claro, em campo escuro e em contraste de fase. Óptica e mecânica de qualidade superior e alta precisão. Concepção nova: objectivas Wild-Fluotar de rendimento óptimo, com sistema elástico de mola, para protecção das preparações e da óptica.

Todos os tubos, platinas, condensadores, dispositivos de iluminação, são intermudáveis com facilidade, sem rectificações subsequentes. Instalação eléctrica alojada no suporte. Dispositivo de contraste de fase com centragem individual dos diafragmas iris. Câmara micro-fotográfica de novo modelo, com lâmpada de baixa voltagem e superior rendimento.



WILD
HEERBRUGG

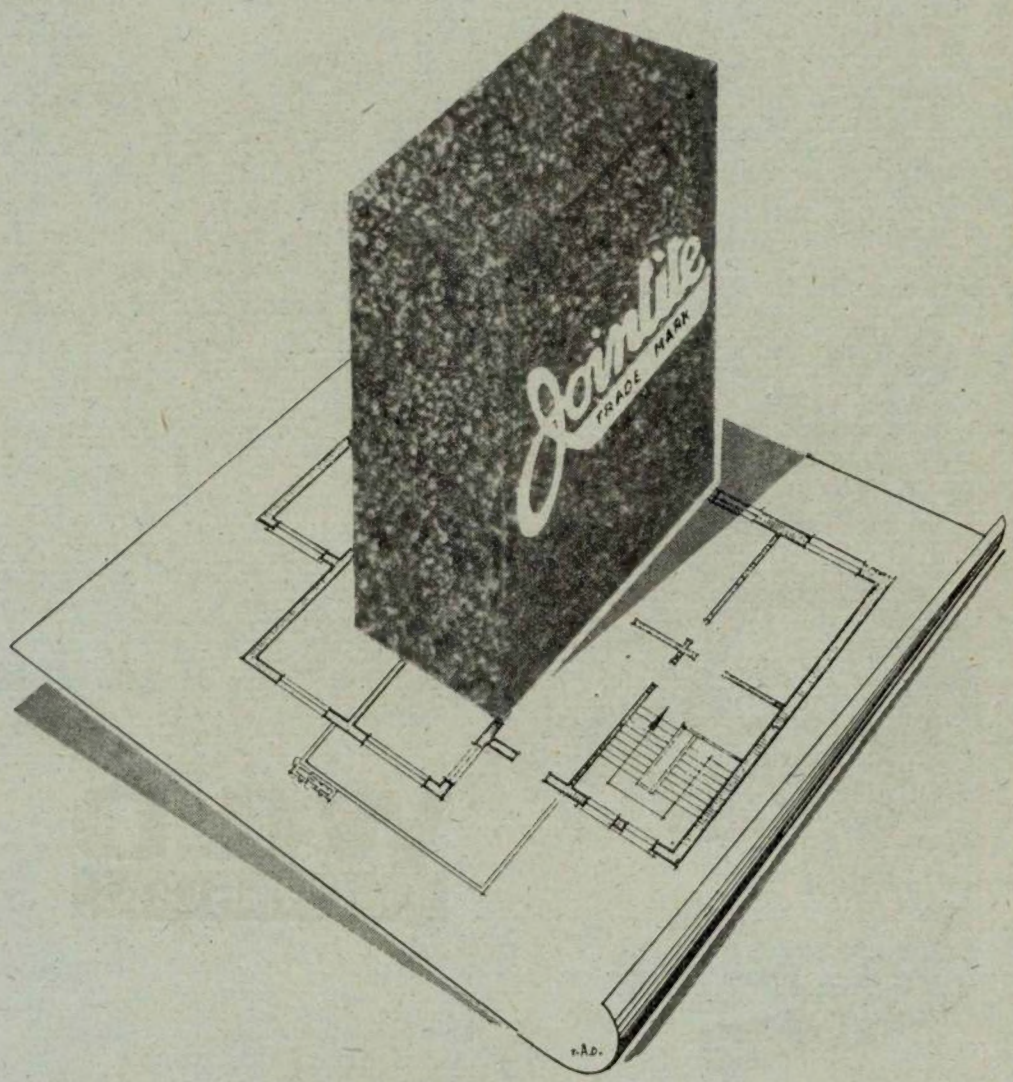
Catálogos, preços e referências nos Representantes-Depositários

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA

Rua Eugénio dos Santos, 75 • LISBOA

Telef. 24314 Teleg. Tecna

A CORTIÇA AGLOMERADA JOINTITE É ESSENCIAL NA CONSTRUÇÃO PARA: ISOLAMENTOS TÉRMICOS, ACÚSTICOS E ANTI-VIBRÁTICOS.

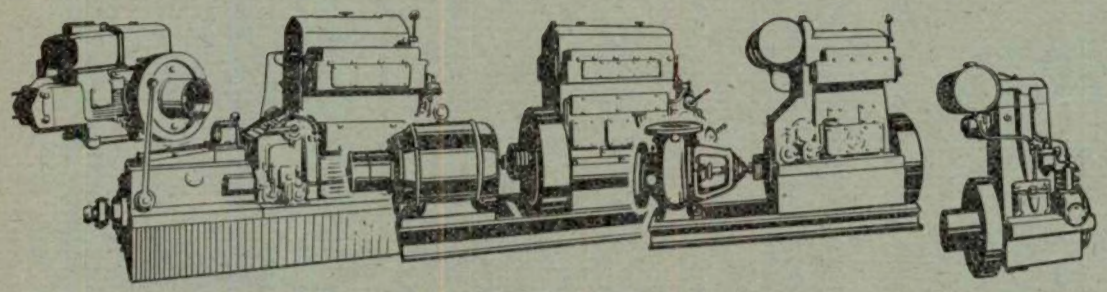


MUNDET & Cª. LDA.

SEDE: SEIXAL * ESCRITÓRIOS: AV. ANTÓNIO AUGUSTO DE AGUIAR, 19 1.º * LISBOA

TELEFONES: 54141 A 54145 P.P.C.A.

ARONA



P.ZZA CARDUCCI 6 **VOGHERA** TELEFONO 41.00

MOTORES DIESEL MARINOS - MOTORES ESTACIONARIOS
GRUPOS ELECTROGENOS - MOTOBOMBAS DIESEL
GRUPOS AUXILIARES DE BORDO

UFFICI COMMERCIALI:
MILANO — VIA VENINI 24 - TELEF. 287440
GENOVA — VIA P. REALE 2-48 - TELEF. 24317
VENEZIA — S. MARCO 4147 - TELEF. 27369 (CALLE LOREDAN)

E. P. E – Milão – Lisboa

Ferranti Ltd.

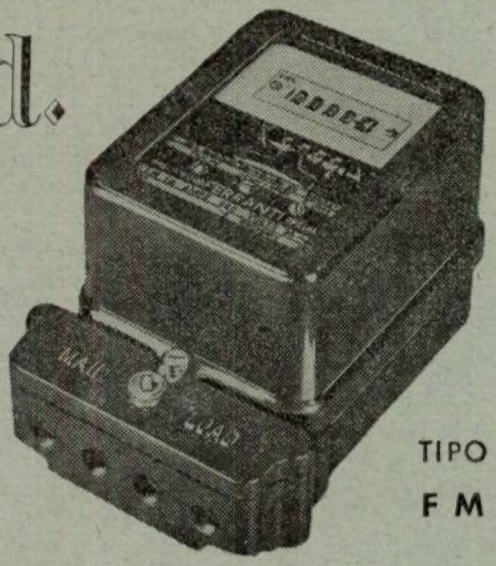
A MARCA INGLESA DE
OPTIMA QUALIDADE

APRESENTA O NOVO CONTADOR ELÉCTRICO MONOFÁSICO

PREVISTO PARA PODER SUPORTAR UMA SOBRECARGA CONTÍNUA DE 500 % DA CARGA NORMAL

•

MÁXIMA PRECISÃO



TIPO
F M

ENTREGAS IMEDIATAS

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS PARA PORTUGAL E ULTRAMAR

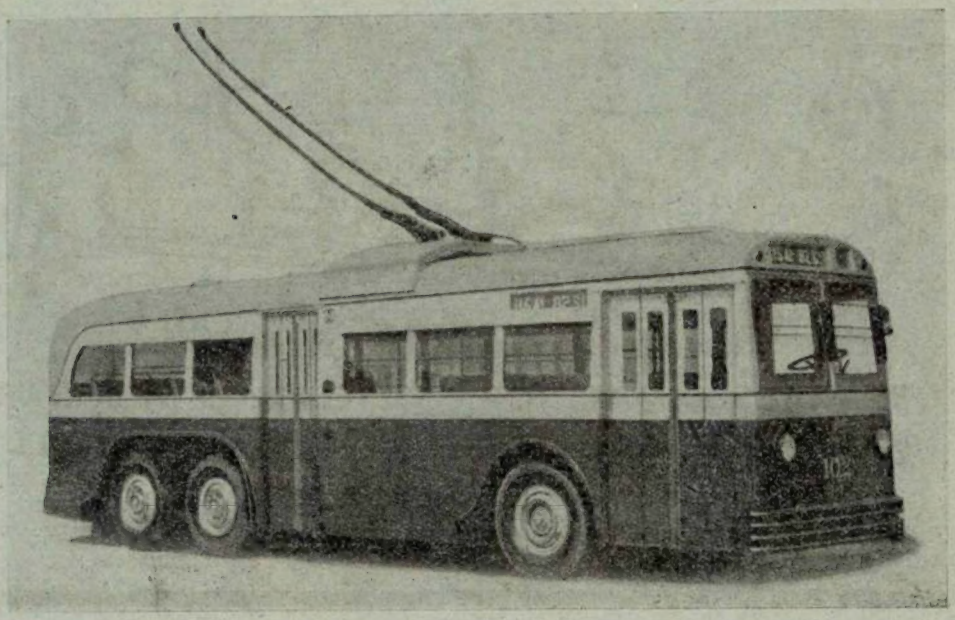
C. SANTOS LDA.

AVENIDA DA LIBERDADE, 35 · LISBOA

ETP

"THE ENGLISH ELECTRIC COMPANY LIMITED"

TROLLEYBUSES



Remontando a 1910 a construção de trolleybuses pela «**The English Electric Company, Limited**», tem esta Companhia largamente contribuído para o desenvolvimento desta forma de tracção eléctrica, que constitui hoje um dos principais ramos do seu vastíssimo programa de produção.

Como característica notória apresentam estes trolleybuses o sistema de control «**SD**», que reune às vantagens do motor série as características de estabilidade do gerador shunt, para fins de travagem.

Representantes exclusivos para Portugal e África Ocidental Portuguesa:

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

R. Cascais, 47 (Alcântara)
LISBOA
Telefone 37083

R. do Almada, 262-1.º
PORTO
Telefone 25021

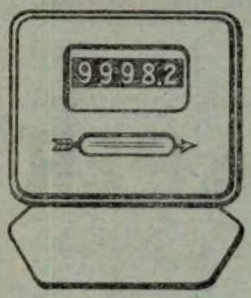
E

VILA FRANCA DE XIRA

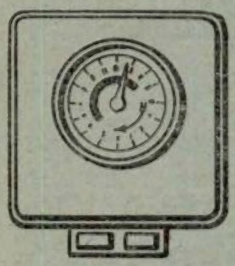
LUANDA

LANDIS & GYR

A PRECISÃO SUISSA AO SERVIÇO DA
ELECTRICIDADE



CONTADORES PARA CORRENTE CONTÍNUA E ALTERNADA



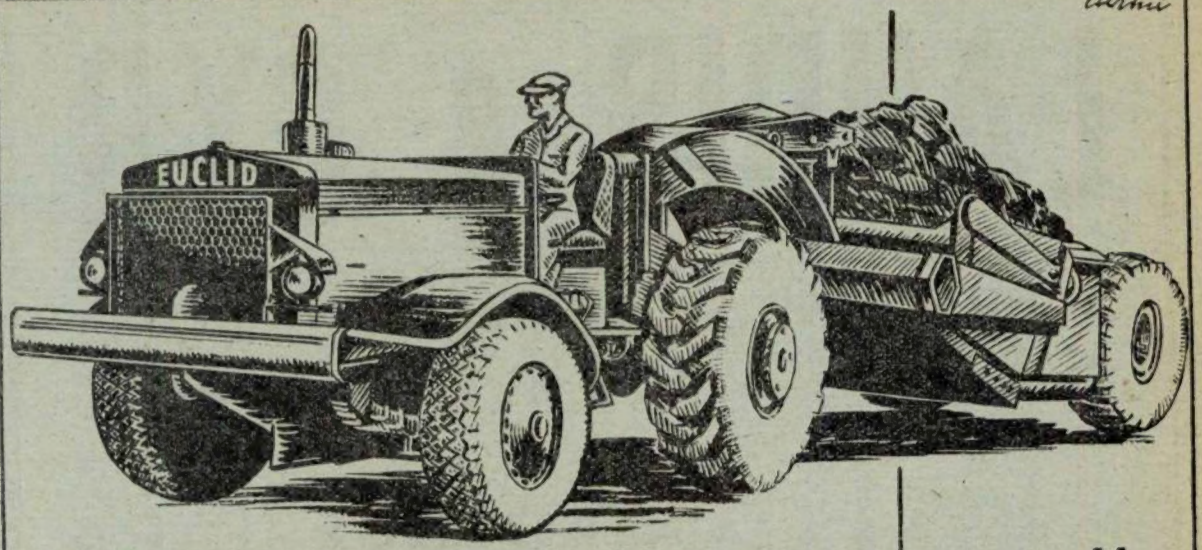
RELOGIOS DE TARIFICAÇÃO
INTERRUPTORES HORARIOS

EQUIPAMENTOS ESPECIAIS DE MEDIDA E CONTAGEM

REPRESENTANTES:

JAYME DA COSTA. L.DA

R. DOS CORREEIROS, 8-26 LISBOA-PORTO, P. DA BATALHA, 12-12 A



O NOVO "SCRAPER"

EUCLID

EUCLID
THE PIONEER

INTEIRAMENTE FABRICADO NA GRÃ-BRETANHA

CAPACIDADE RASA: 9 m. c.

CAPACIDADE CACULADA: 12 m. c.

TRACTOR EUCLID INDEPENDENTE

MOTOR DIESEL LEYLAND: 154 c. v.

●

PAGAMENTO EM LIBRAS!

FAÇAM JÁ AS VOSSAS ENCOMENDAS PARA PODEREM BENEFICIAR DE UM BOM PRAZO DE ENTREGA!

●

PEÇA TODOS OS ESCLARECIMENTOS AOS DISTRIBUIDORES EXCLUSIVOS

BLACKWOOD HODGE

AVENIDA ALMIRANTE REIS, 247 — TELEFONE 75984 — LISBOA

INGLATERRA, E. U. A., IRLANDA, BÉLGICA, FRANÇA, PORTUGAL, ESPANHA, ITÁLIA, ÁFRICA DO SUL, ÁFRICA ORIENTAL E OCIDENTAL INGLESAS, AS DUAS RODÉSIAS E NIASSALÂNDIA, CONGO BELGA, ANGOLA, MOÇAMBIQUE, SUDÃO, INDIA, PAQUISTÃO, CEILÃO, BIRMÂNIA, AUSTRÁLIA.

SOBRESSALENTES "CATERPILLAR"
Á SUA DISPOSIÇÃO!...

TELEFONE À

SMEIA

LEVANTE O AUSCULTADOR E MARQUE O NÚMERO 78153

Os tractores, os motores e os equipamentos "CATERPILLAR" são fontes de receita constantes.

Evite imobilizações demoradas, encomendando-nos quanto antes, directamente, por telefone ou por carta, os sobressalentes de que precisa.

Estes sobressalentes *genuïnos* "CATERPILLAR" são exactamente idênticos às peças originais.

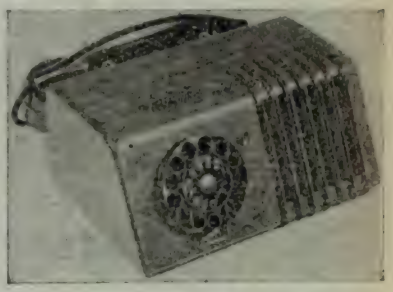
Envie as suas encomendas de peças sobressalentes à **SMEIA,** Avenida A, à Praça do Areeiro, 8, Lisboa, representante exclusivo da CATERPILLAR TRACTOR COMPANY—Peoria—Illinois, que mantém permanentemente em armazém, para entrega imediata, a maioria das peças sobressalentes "CATERPILLAR".

SOCIEDADE DE MECANIZAÇÃO INDUSTRIAL E AGRÍCOLA
S. A. R. L.
AVENIDA A, N.º 8, AREEIRO
LISBOA — PORTUGAL

Telefonaktiebolaget

ESTOCOLMO — SUÉCIA

- Sistemas telefónicos de todos os tipos
- Sistemas telefónicos por alta-frequência
- Sistemas de telesinalização, vigilância e controle a distância
- Sistemas de radiocomunicações e sonorização
- Aparelhagem de medida e ensaio
- Prensas hidráulicas e máquinas para ensaio de materiais
- Condensadores para corrigir o factor de potência
- Contadores eléctricos
- Fios e cabos telefónicos e eléctricos
- Diversa aparelhagem telefónica e eléctrica



REPRESENTANTES GERAIS PARA PORTUGAL E ULTRAMAR

Sociedade Herrmann Ltd.

Calçada do Lavra, 6

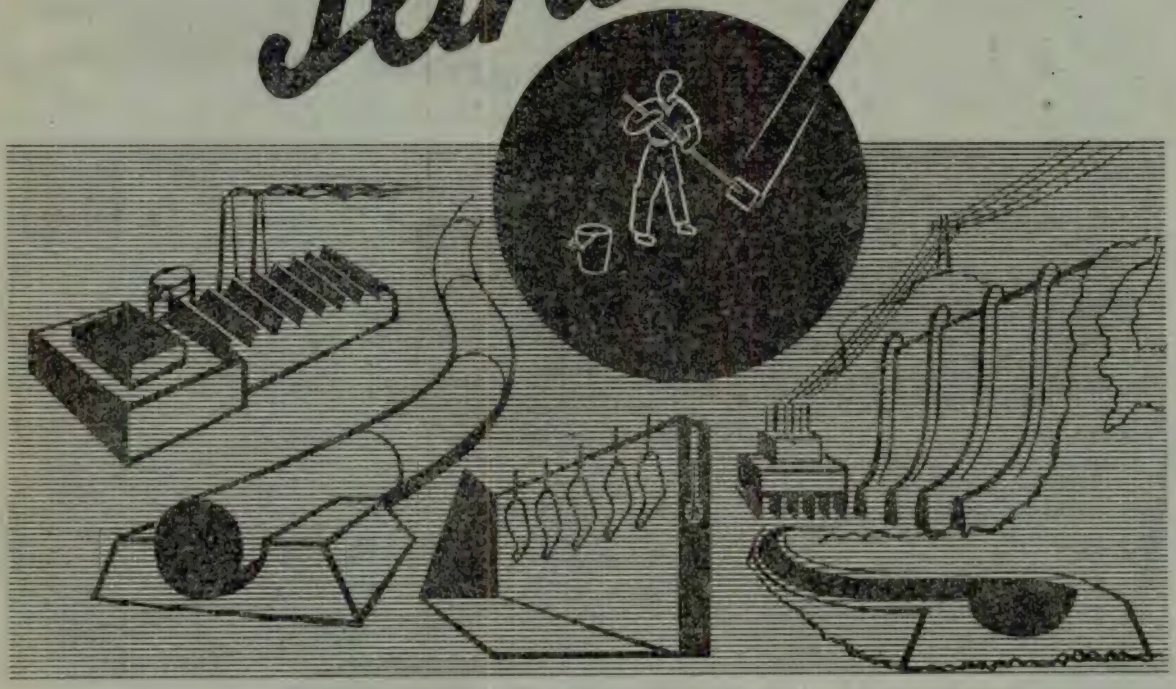
Telef. (P P C — 2 linhas) — 23168 Telegramas LAVRA

LISBOA

PROJECTOS • MONTAGENS • REPARAÇÕES • ASSISTÊNCIA TÉCNICA

EMULSÕES BETUMINOSAS

Flintkote



As emulsões betuminosas de FLINTKOTE protegem eficazmente as estruturas metálicas e de betão armado, os materiais para isolamentos térmicos e tudo onde a humidade e a corrosão constituam um problema.

Para o seu caso de isolamento à prova de água ou de humidade, utilise FLINTKOTE, que pode ser aplicado à pistola à brocha e à colher.

Peça informações e detalhes completos deste produto, à Secção de Asfaltos da

SHELL COMPANY OF PORTUGAL, LTD.

que dispõe de pessoal habilitado para prestar gratuitamente toda a assistência técnica necessária.

SHELL

SHELL COMPANY OF PORTUGAL, LTD.

Alfa Romeo

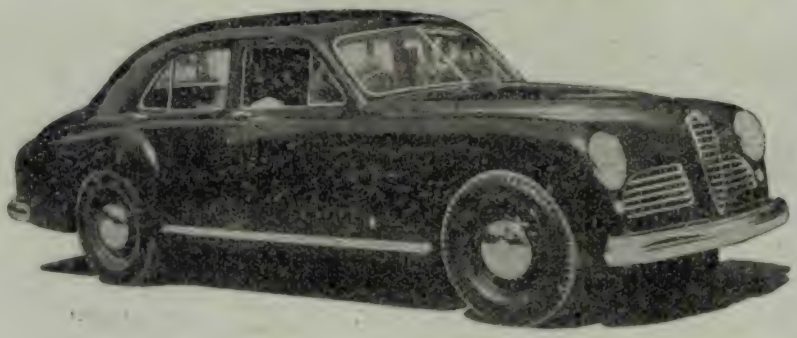
CAMPEÃO DO MUNDO

APRESENTA

A NOVA SÉRIE DOS SEUS PRODUTOS

1900

Berlina normal
Coupé C. Touring
Cabriolet C. Pinin Farina
Cabriolet L. Stab Farina



2500

Flecha de ouro
Berlina Pinin Farina
Grande turismo (3 Carb.)
Cabriolet touring

RECORDA

Os camiões tipo 450 e 900 de média e grande carga.
Os autocarros 450 a e 900 a para serviços turísticos, os troley-bus, motores de aviação, marítimos e industriais, grupo electrogéneos, os perfilados e asas de ligas leves.

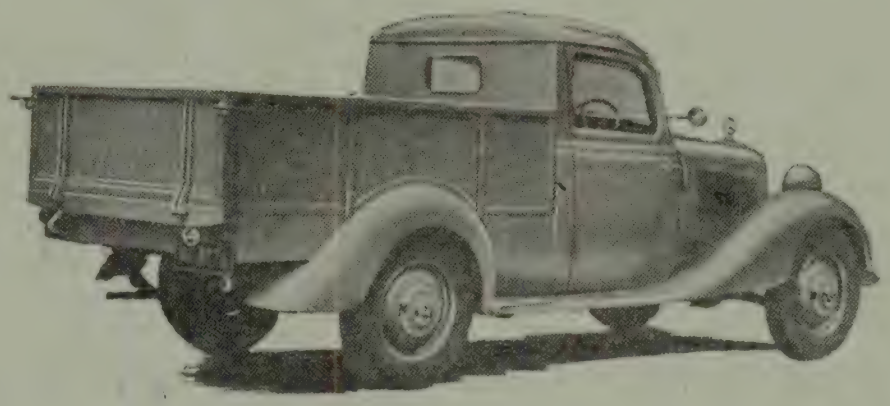
ALFA ROMEO
Direcção e escritórios:
MILÃO — RUA M. U. TRAIANO, 33

PNEUS PIRELLI

MERCEDES-BENZ

VIATURAS LIGEIRAS COMERCIAIS

170 D — DIESEL



OS VEÍCULOS UTILITÁRIOS IDEAIS
PARA SERVIÇOS INTENSIVOS

«PICK-UP» e FURGONETA

GRANDE ECONOMIA E COMPROVADA RESISTÊNCIA

(Consumo 6,4 litros de Gasoil aos 100 Kms.)

*

Representantes

C. SANTOS LDA.

PORTO LISBOA COIMBRA

29 — AV. DA LIBERDADE, 41 — LISBOA

Agentes em todo o País

FORNOS ELÉCTRICOS PARA TRATAMENTOS TÉRMICOS

Os fornos BIRLEC são usados extensivamente nas importantes indústrias de máquinas e metais em todo o mundo, permitindo um tratamento térmico preciso, uniforme e económico, incluindo: —

Temperar e revenir ferramentas e peças na grande produção.
Recozer chapas, fita, arame, etc., sem óxidação.
Tratamento de alumínio e ligas leves.
Cementar por carburização, cianidização e nitrificação.
Soldar cobre e prata.
Tratamento térmico de lingotes não-ferrosos para laminagem e extrusão.
Aquecimento por indução a alta frequência para todos os fins.

Fornos especiais, tipo transportador para grándes produções

BIRLEC BIRLEC **LIMITED**

Agentes:

AHLERS, LINDLEY, L.DA

Rua do Ferregial de Baixo, 33-2.º — LISBOA

Telef. 21321/4

Agentes para os fornos eléctricos de fundição:

GENERAL ELECTRIC PORTUGUESA, S. A. R. L.

Rua do Norte, 5 — LISBOA

Telef. 28135/6

LEACOCK (LISBOA), L.DA

AV. 24 DE JULHO, 16 — LISBOA

R. JOSÉ FALCÃO, 185 — PORTO

SECÇÃO DE MÁQUINAS E ELECTRICIDADE

REPRESENTANTES DE:

THE RAWLPLUG COMPANY, LTD.
Material de fixação para construção civil e mecânica.

HOOVER, LTD.
Motores eléctricos desde 1/8 até 3/4 H. P., Monofásicos e Trifásicos.

VERITYS, LTD.
Motores eléctricos desde 1 até 125 H. P.

J. A. CRABTREE & CO. LTD.
Material para instalações de luz: interruptores, fichas, tomadas, etc.
Material para instalações de força: arrancadores, disjuntores, caixas, etc.

TRANSFORMERS & WELDERS, LTD.
Transformadores de todos os tipos até à potência de 3000 K. V. A. e até à tensão de 33000 Volts.

BARTON CONDUITS, LTD.
Tubo de aço para instalações eléctricas.

EDWARD MAC BEAN & CO. LTD.
Tubo, fita e pano de tela envernizada.

MEASURING INSTRUMENTS (PULLIN), LTD.
Amperímetros, Voltímetros, Frequencímetros, Wattímetros de todos os tipos e escalas.

F. PERKINS, LTD.
Motores Diesel marítimos.

THE AUTOMATIC COIL WINDER AND ELECTRICAL EQUIPMENT CO, LTD.
Osciladores, capacímetros, texts universais, texts electrónicos, analisadores de válvulas, luxímetros, expositores para fotografias.
Máquinas para bobinar e enfitar.

GEORGE KENT
Contadores de água, de vapor e de óleo.
Tubos Venturi
Determinadores e controladores do pH, do CO_2 e pirómetros pelo processo potenciométrico.
Combustiómetros, manómetros, registadores de distâncias, medidores-registadores de caudais, medidores de orifícios em condutas para gases.

THORN ELECTRICAL INDUSTRIES, LTD.
Luz fluorescente e rádios.

ELECTRIC PANELS, LTD.
Aquecimento eléctrico.

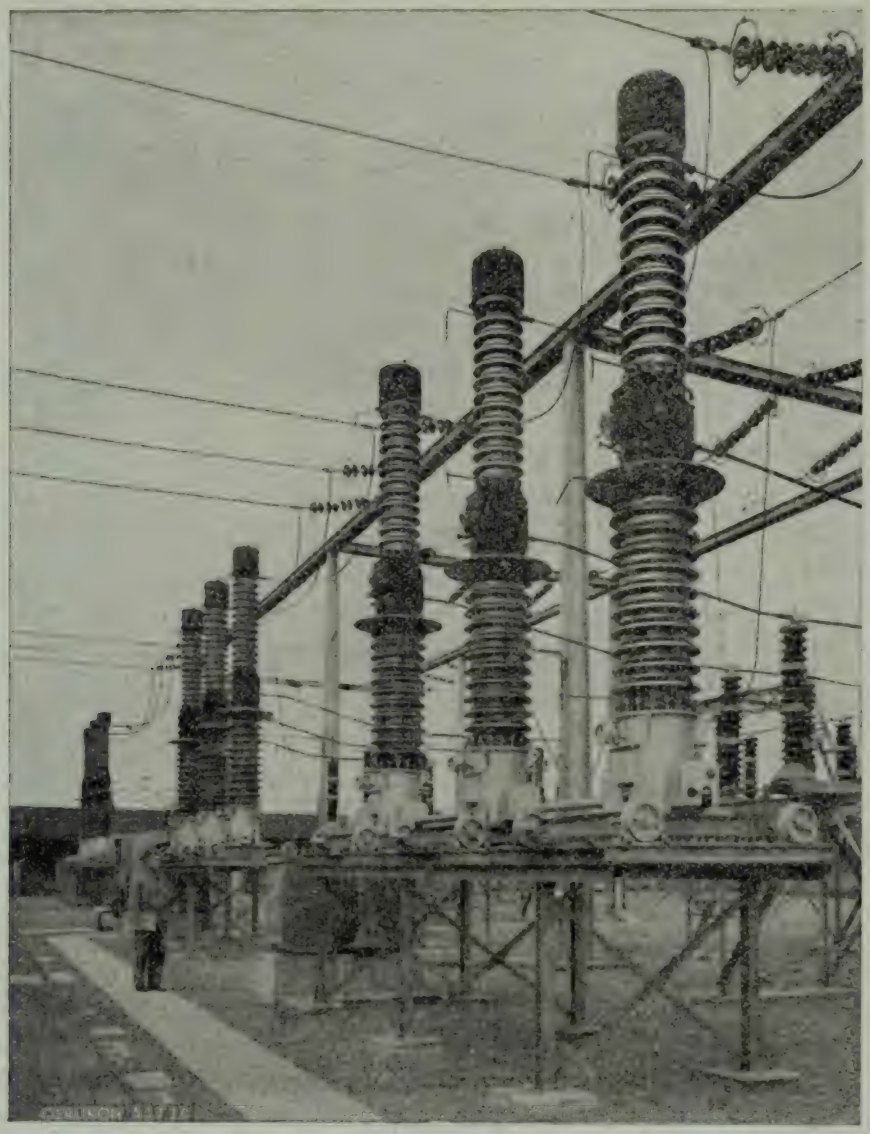
OERLIKON

Máquinas e aparelhos eléctricos de todo o género

Representante Geral para Portugal e Colónias

P. BELLASI

Porto // Rua Sá da Bandeira, 494, 3.° // Telefone 21968



Subestação Oerlikon do Serviço de Electricidade da cidade de Zurich (Suíça).
Três dos cinco disjuntores a pequeno volume de óleo, tipo TOF,
tensão de serviço 150 kV, poder de corte 3500 MVA.

PRODUTOS OERLIKON

Equipamentos eléctricos completos para centrais termo e hidroeléctricas, subestações e instalações de distribuição. Accionamentos eléctricos especiais para todas as indústrias. Geradores, motores, transformadores, reguladores de indução, comutadores, rectificadores de vapor de mercúrio, equipamentos para soldadura eléctrica por arco. Electrolizadores para a produção de hidrogénio e oxigénio. Aparelhos de manobra e protecção para alta e baixa tensão, reguladores automáticos de tensão, relés, pára-raios. Turbinas de vapor e turbo-geradores, ponte-gruas, compressores. Equipamentos eléctricos para locomotivas, automotoras, veículos diesel-eléctricos, locomotivas de acumuladores, tranvias, troleibus, funiculares e teleféricos, etc.

ATELIERS DE CONSTRUCTION OERLIKON

ZURICH-OERLIKON (SUIÇA)

TÉCNICA

DIRECTOR — MANUEL ALVES MARQUES ADMINISTRADOR — JOSÉ M. CRUZ MORAIS
SECRETÁRIO — FERNANDO MARQUES DE OLIVEIRA
CORPO REDACTORIAL — DUARTE LINO PIMENTEL, FERNANDO M. ALVES DA SILVA, JOSÉ M. MADEIRA COSTA, NUNO M. ALMEIDA ALVES

Ano XXVI - N.º 227 Dezembro de 1952

C. D. 62

O ENGENHEIRO NA HORA ACTUAL

FORMAÇÃO E MENTALIDADE

PELO ENG.º ALBERTO ABECASIS MANZANARES
PROF. DO I. S. T.

Realizou-se no passado dia 17 de Novembro a abertura da Semana de Recepção aos Novos Alunos. O senhor Professor Eng.º Alberto Abecasis Manzanares acedeu amàvelmente ao nosso convite proferindo algumas palavras de orientação; entendemos, por bem, transcrevê-las nas nossas páginas, visando o seu mais elevado rendimento.

Raras vezes uma conferência ou uma palestra me terá feito pensar tanto como esta, quer pela dúvida na escolha do tema, quer pela forma de o desenvolver, quer, ainda, paradoxalmente, pela falta de tempo de que dispunha. Precisava, por um lado, de ter em conta que não se tratava de uma oração de sapiência, mas sim duma simples e amigável palestra de recepção aos nossos novos estudantes, e, por outro lado, cumpria-me considerar a necessidade de aproveitar a ocasião para frisar qualquer ponto que de alguma forma os interessasse e desse uma ideia dos problemas que terão de encarar.

Cheguei a pensar, levado de natural preguiça, em não escrever nada e improvisar, durante 20 a 30 minutos, sobre assuntos gerais da nossa escola; isso porém teria tido dois inconvenientes, o primeiro para mim, que possìvelmente teria encalhado a meio, e o segundo para quem me ouve, visto que, arrastado por certas ideias pessoais, poderia proporcionar-lhes uma impressão errada, por insuficientemente meditada, sob certos aspectos.

Eu seria quase tentado a começar por duas perguntas indiscretas:

Porque escolheram um curso superior e em especial um curso de engenharia?

Qual julgam ser a mentalidade e a missão do engenheiro na sociedade actual?

Seria interessante compulsar um inquérito em que, sinceramente, cada um de aqueles que agora iniciam o seu curso respondesse àquelas perguntas e estou, mais, convencido de que o resultado e a impressão geral não seria animadora.

Estou, efectivamente, convencido de que raros serão, entre vós, aqueles que cá chegaram trazidos por uma verdadeira vocação de engenheiro.

Mas haverá vocação para engenheiro? Sem dúvida, desde que se conheça e se saiba o que a profissão significa na hora actual.

Numa das minhas últimas conferências tive ocasião de finalizar, mais ou menos, pela seguinte frase: «é, porém, a nós, engenheiros, que compete demonstrar que a cultura, a moral e a técnica não são incompatíveis e obter pela aplicação de, direi, uma técnica humanística, a reconciliação dos progressos material e espiritual através duma redescoberta da pessoa humana, na sua dignidade e no seu prestígio.»

No meu entender, naquela frase está implìcitamente indicado o que caracteriza a vocação de engenheiro na hora actual.

Atravessamos tempos perturbados mas também curiosos: O extraordinário desenvolvimento das ciências e das suas aplicações práticas, ou técnicas; o acréscimo considerável da população do globo; o extraordinário incremento e facilidade dos meios de transporte e comunicação, quer dos homens, quer das mercadorias, quer das ideias; a possibilidade de generalização da cultura e do conhecimento dos factos pela incrível expansão da palavra escrita e falada, criaram para as massas um ambiente especial, um meio em fermentação, instável, em que elas não conseguiram ainda encontrar o seu justo equilíbrio.

As grandes interrogações filosóficas acabrunham o espírito do homem, e o homem vulgar, o «João Ninguém» da rua, a quem são fornecidas em pílulas e pelos mais diversos laboratórios, pretensas soluções para os mais árduos problemas da existência não sabe para onde se virar; só sabe, infelizmente, que a vida cada vez lhe é mais dura, sob certos aspectos, quando lhe parece, à primeira vista, que o avanço incontestável das condições materiais lhe deveria permitir, pelo contrário, uma existência mais feliz.

A humanidade, na sua quase totalidade, aderiu a dois campos extremos. Alguns condenando «ab initio» o progresso material, fonte de todos os males, esperam, não se sabe como, que a natureza e a civilização interrompam a sua marcha e se regresse a uma sociedade calma e tranquila, sem problemas e sem técnica, sob o signo do «progresso mínimo necessário», não compreendendo que o mundo não se divide em compartimentos estanques e que o exemplo alheio divulgado e pormenorizado até ao infinito através da rádio, do cinema, do livro e das publicações periódicas, tende a criar uma mentalidade especial nas massas trabalhadoras. Outros, desprezando o que no homem há de belo e de contínuo, a sua cultura e a sua personalidade, a sua alma e a sua liberdade espiritual, restringem o progresso a uma evolução exclusiva dos aspectos materiais da vida, a um planeamento absorvente da actividade humana, subordinado ùnicamente ao factor económico, considerando no homem, em última análise, a sua capacidade para produzir e consumir, isto é, para servir à máquina e à indústria, simples factor no circuito das transformações económicas.

Entre os primeiros não existem, certamente, muitos engenheiros, a quem a profissão dá uma visão dos problemas técnico-económicos que os inibe de cair em tal extremismo; mas o mesmo já se não pode dizer em relação aos segundos e, ai de nós, é possível que à técnica seja imputada muita falta e muita responsabilidade que lhe não pertence.

A técnica, base indiscutível e indispensável do progresso material da civilização actual têm, porém, de encarar o seu papel num campo mais amplo: Ela não existe como um fim em si mesma, mas sim como um meio de conseguir determinados objectivos e estes não podem conduzir à escravização da pessoa humana, antes pelo contrário.

Quando se edifica uma ponte ou uma barragem, quando se instala uma nova indústria química, quando se lança uma nova rede eléctrica, ou quando se constrói um navio, não se actua pelo simples prazer de realizar, embora este factor incida largamente na satisfação íntima de quem trabalha, mas sim para corresponder a um determinado fim, para satisfazer uma determinada necessidade ou para obter um determinado benefício colectivo, em resumo, para ser útil, e tal utilidade não pode ser considerada sob o ponto de vista técnico, mas tem de ser encarada sob o ponto de vista mais amplo da conveniência económica e social.

A engenharia está aumentando, dia a dia, a sua influência na sociedade contemporânea e a ela compete, sem dúvida, procurar manter o justo equilíbrio entre o progresso material e as necessidades e aspirações económicas e principalmente sociais. E é a ela que compete, como classe dirigente com conhecimento de causa, e por estranho paradoxo, manter o seu inconformismo perante o domínio da máquina e da técnica e defender a pessoa humana no que ela tem de mais precioso, a sua dignidade.

E concluimos assim ser fundamental, e apontamos uma das falhas de que, no meu entender, adolece o ensino da engenharia, que ao lado e paralelamente à indispensável cultura e preparação técnica, seja facilitada aos futuros engenheiros, em grau suficiente, uma nítida compreensão das questões económico-sociais, questões que vão ter permanente interferência, e muitas vezes predominância na sua actividade futura.

É neste campo que a Associação Académica pode ter uma grande acção, através de cursos, conferências, palestras, reuniões, etc., em que problemas de ordem económica e de ordem social sejam tratados e em que se estude a posição do futuro engenheiro não só perante as realizações técnicas, mas, ainda, perante as suas relações com a sociedade e com as suas características económico-sociais. O ambiente é propício, o esforço desinteressado e a actividade meritória.

Um problema análogo, embora em campo diferente, se apresenta dentro da própria actividade técnica: Quero referir-me ao velho e inexgotável conflito entre a teoria e a prática, entre o empirismo e a dedução, entre o investigador e o construtor. Conflito que, embora real e latente, não tem razão de ser e que, entretanto, só trás prejuízos à verdadeira engenharia.

Aqueles que dando uma importância exclusiva, e reparem que não disse excessiva, às teorias físico-matemáticas esquecem que, na engenharia, o seu estudo e a sua aplicação tem uma finalidade bem definida: construir ou produzir qualquer coisa de concreto, não se podem considerar engenheiros; serão sim matemáticos ou investigadores, talvez, mesmo, muito bons, mas não são técnicos.

Também o não são, nem compreendem o verdadeiro sentido da profissão, aqueles que, desprezando a preparação e bases teóricas dos seus métodos e processos, trabalham num semi-empirismo quase total. Poderão ser bons executores, de acordo com planos que outros estudem, mas não podem, em puro rigor, ser considerados como engenheiros.

A engenharia, tal como deve ser compreendida, obriga ao permanente equilíbrio entre a teoria e a prática. Sem poder pôr de parte, antes pelo contrário, uma forte preparação Matemática e um profundo conhecimento da Física, é necessário não esquecer que tal preparação e tal conhecimento não são úteis em si mesmos, mas devem, sim, constituir a base segura sobre que se apoie a realização técnica, traduzida através da concretização e aplicação a casos reais das teorias estudadas. E é só quando a engenharia consegue obter e aplicar tal equilíbrio que ela manifesta, em toda a plenitude, as suas possibilidades.

Muitos exemplos poderia citar; vou, porém, como é natural da minha parte, referir-me ao campo de actividades da Mecânica dos Fluidos.

Até há relativamente poucos lustros podemos dizer que a Mecânica dos Fluidos, como tal, era pràticamente inexistente. O estudo dos escoamentos líquidos, por exemplo, era feito através de duas orientações diferentes, quase independentes entre si e muitas vezes contraditórias. Por um lado a «Hidrodinâmica do Líquido Perfeito», incompressível e não viscoso, autêntico capítulo da Mecânica Racional, aplicação interessantíssima, mas não real, das matemáticas superiores, considerava como matéria-prima um fluido sem características de realidade e deduzia solução de numerosos problemas, obtendo resultados grande parte das vezes sem correspondência com a verdade dos factos. O desenvolvimento matemático era, e é, sem dúvida, belíssimo, mas a sua concretização deixa muito a desejar. Por outro lado, e para a resolução dos problemas correntes da prática hidráulica, se recorria a uma série de fórmulas empíricas, deduzidas da observação dos factos, mas sem base teórica e mesmo muitas vezes mostrando na sua estrutura, por exemplo pela carência de homogeneidade dimensional, a falta de um sólido apoio científico.

Felizmente que a inteligência e, quase diria mais, a feliz intuição dos primeiros hidráulicos os levou a não se afastarem em excesso, pelo menos qualitativamente, da realidade científica.

Era necessário encontrar um campo de entendimento e só quando ele fosse encontrado poderia ser possível o progresso amplo da Mecânica dos Fluidos e de todas as técnicas que lhe estão ligadas.

E, mais uma vez, vamos encontrar nas necessidades económicas e também, feliz ou infelizmente, nas necessidades bélicas, a base do progresso duma técnica. As cada vez maiores necessidades de energia eléctrica, unidas à carência de combustíveis, traduzidas pelo necessário aperfeiçoamento das instalações hidráulicas e das máquinas respectivas; as exigências dos transportes marítimos e, muito mais, as dos transportes aéreos, civis e militares, obrigaram a concentrar as atenções no desenvolvimento da Mecânica dos Fluidos, sem cujo aperfeiçoamento, nem uma nem outra de aquelas necessidades poderiam ser satisfeitas.

A aplicação da análise dimensional e como consequência imediata o desenvolvimento da técnica laboratorial de ensaios em modelo reduzido, em especial nos túneis aerodinâmicos e canais hidrodinâmicos; a análise do escoamento turbulento a partir de condições dimensionais e de condições estatísticas; a aplicação do cálculo tensorial para estudo dos escoamentos de líquidos reais; a aplicação da teoria das funções analíticas de variável complexa e, em especial, da representação conforme à investigação e cálculo de perfis hidrodinâmicos e aerodinâmicos; a consideração da teoria da linha de energia nos escoamentos em superfície livre; a aplicação do cálculo das variações nos estudos económicos de condutas e canais ou a consideração do transporte sólido numa linha de água como fenómeno estatístico, são alguns dos numerosos exemplos que atestam a profunda modificação sofrida pelas ciências que se ocupam do estudo e aproveitamento dos fluidos e que mostram como só uma permanente compreensão da índole verdadeira dos fenómenos e uma completa harmonia entre a prática, representada muita vez pela investigação, quer no laboratório, quer na natureza, e a teoria, traduzida através da aplicação da mais alta matemática, podem permitir o avanço seguro e firme de qualquer técnica.

E, chegamos, portanto, à conclusão de que especiais qualidades devem ser exigidas ao engenheiro e, em consequência, a quem se candidata ao estudo da engenharia: dotes de observação, como base essencial para cuidadoso exame de cada problema, inteligência, como condição indispensável para poder analisar friamente as questões e os factos, imaginação, para poder ter presente as diversas possíveis soluções, imparcialidade e desinteresse, para se não deixar prender por considerações mesquinhas ou particularistas e, factores muito importantes, o senso comum, para saber escolher a solução mais equilibrada cingindo-se sempre à verdadeira noção das realidades e a honestidade intelectual, para saber reconhecer as próprias deficiências e poder exercer uma fecunda auto-crítica.

Em resumo, o engenheiro, desde que aspira a pertencer a uma élite deve possuir as qualidades necessárias para o merecer, e, salvo raríssimos casos de qualidades inatas, não há dúvida de que aqueles predicados só se podem conseguir por meio de muito trabalho, muito esforço e muita força de vontade. É necessário, desde já, afirmar-vos que não é descansadamente que se consegue tirar o curso de engenheiro, e ai de nós se o fosse; actualmente, toda e qualquer vantagem nas escalas profissional e social só pode, e, mais ainda, só deve ser conseguida à custa de muito esforço e muito trabalho, e quanto mais árduo ele for e quanto mais se exercer o princípio da selecção, maior será o prestígio da profissão e da escola e mais útil e profícua a nossa actividade.

Tenhamos esperança de que, realmente, grande parte de aqueles a quem esta palestra foi dedicada compreenda a missão que lhe incumbe e pela sua dedicação e coragem contribua para levantar ainda mais o nome desta escola, que é nossa, de todos nós, e a cujo prestígio ou desprestígio estamos e estaremos inseparàvelmente ligados.

Disse.

FOMENTO

Com o intuito de dar aos nossos leitores o conhecimento de apreciações aos problemas básicos da nossa Economia, transcrevemos algumas passagens do Parecer da Câmara Corporativa acerca do projecto da proposta de Lei n.º 519, elaborado pelo Governo sobre a execução do Plano de Fomento, certos de que colaboramos em atribuir-lhe o relevo que lhe compete.

Plano de Fomento — Parte I (Continente e Ilhas)

Apreciação na Generalidade

O aparecimento de planos de fomento económico é, na vida das nações, uma confissão e um anseio — confissão de uma fraqueza e anseio de vida nova a remir e esquecer pecados velhos.

É patente a fraqueza que neste momento nos traz contritos. O rendimento nacional por habitante é baixo; de outros índices económicos poderá dizer-se que não são barómetros fiéis do fenómeno que pretendem exprimir; mas sobre esta base flutuante, ergue-se uma certeza que muitos vêem, mas nem todos confessam oportunamente: a estreiteza da nossa economia.

Entre nós, a Lei n.º 1 914 (Reconstituição Económica), de Maio de 1935, foi a primeira tentativa para sistematizar um plano de investimentos. Mas se a vigorosa e clara política financeira já tinha chegado ao ponto de oferecer ao País, surpreendido pela cifra, que lhe parecia milagre, de 6,5 milhões de contos para despesas extraordinárias em 15 anos, os espíritos não estavam ainda preparados para um plano de fomento em devida forma. Se a rede eléctrica nacional era já expressão familiar, o fomento da indústria e renovação, hoje pujante realidade, eram ainda expressões sem sentido.

Do balanço da obra se tira a confirmação: de 14 milhões de contos despendidos em 15 anos, sòmente 295 milhares se destinaram à Electricidade e 107 milhares a outras actividades industriais.

O Plano vem preencher uma lacuna que estava em aberto desde a publicação das Leis n.ºs 2 002 (electrificação) e 2 005 (fomento e reorganização industrial) e, com a definição de um programa de obras e de um programa de investimentos mùtuamente ajustados, é a solução esperada para algumas dificuldades que a aplicação daquelas leis tem trazido à superfície.

O fraco rendimento nacional português significa que se trabalha pouco, ou mal; a prova está feita de que aquele rendimento não tem relação obrigatória com as riquezas naturais, mas antes com a diligência e engenho dos habitantes. Criar novos elementos de trabalho em condições de se conseguir bom rendimento, é obrigação inadiável do Estado perante a Nação, que não espera apenas ver obras que lhe causem admiração, mas também produtividade que lhe assegure melhor proveito.

No nosso comércio com o exterior, uma hora de trabalho consumida na produção de um artigo importado, valerá várias horas de trabalho nosso, na produção de outro artigo que se trocou por aquele; e a incidência deste mau rendimento na craveira do nível de vida é uma imposição da aritmética.

Temos uma natalidade que nos assegura uma composição demográfica normal; temos

recursos de mão de obra; temos os campos superpovoados para o trabalho agrícola; temos motivos de sobra para achar pouco tudo que se faça para aumento da nossa produção.

Para alguns é a emigração o sumidouro natural da gente que temos a mais, mas, exceptuando a que se dirige às províncias ultramarinas, a verdade é que a exportação de gente, para quem tem uma densidade que não alinha entre as mais altas, é um sintoma de insuficiência que se aceita mas se lamenta.

Temos vantagem em aumentar o número de artigos exportáveis, pois são poucos os nossos produtos que interessam ao estrangeiro — e esses são quase só os que a Natureza nos dá.

Merece, pois, o Plano todo o louvor. Além de conter um princípio de solução destes nossos problemas, ele dá à Nação nova consciência dos seus recursos; e tem ainda a virtude de afirmar que a intervenção efectiva do Estado em muitos sectores da actividade é uma via que se não receia, porque nos é imposta pela salvação pública.

Mas não basta ter um Plano. É necessário executá-lo. Parafraseando Monnet, a Câmara Corporativa resume nestas palavras o seu pensamento:

«Um plano não é um estado de coisas, é um estado de espírito».

A electricidade na opinião pública

Alguns desvios de opinião pública em relação a conceitos fundamentais da electrificação que se ligam com o Plano de Fomento justificam algumas palavras de introdução antes da análise concreta daquele Plano.

a) *A continuidade da electrificação.* — Vários indícios levam a supor que nem sempre é vista em verdadeira grandeza a necessidade sem fim de acrescentar sempre mais, em ritmo crescente, o equipamento nacional de produção, transporte e distribuição. Ora se afirma que o peso da importação desse equipamento se aliviará finda a montagem das primeiras centrais do programa em curso, ora se pergunta quando está pronta a rede, ora se indaga quanto custa a electrificação portuguesa. A primeira afirmação não é verdadeira; as duas perguntas que se lhe seguem não têm resposta. A tendência não é para enfraquecer o ritmo das obras, mas antes para o aumentar, porque o consumo cresce em progressão geométrica.

Um país não é susceptível de dar por finda a sua electrificação. As estatísticas dos últimos quarenta ou cinquenta anos nos principais países da Europa e da América revelam que o consumo de energia se mantém, na sua linha geral, com o aumento médio de 7 por cento ao ano, o que significa a duplicação em cada dez anos; e nem mesmo naqueles que vão à frente, onde o desenvolvimento é maior e o consumo específico mais alto, se notam indícios de saturação.

Pelo contrário, os números que balizam os progressos da técnica situam-se cada vez mais altos, única forma de satisfazer as exigências crescentes do consumo, e sofreram, entre o começo da última guerra e os dias de hoje, uma subida quase vertical: as maiores máquinas das centrais térmicas europeias, que andavam por 50 a 60 MW, situam-se hoje à roda dos 100; as maiores tensões de serviço passaram de 220 a 400 kV; as maiores potências de corte dos disjuntores, que não iam além de 3 500 MVA, já cobrem os 5 000 MVA e avançam para os 10 000.

A noção de que é preciso duplicar todo o equipamento eléctrico de um país em cada período de dez anos ou, mais claro ainda, o conhecimento de que o ritmo português actual excede a média mundial atrás indicada e se aproxima antes dos 10 ou 11 por cento, com a duplicação do equipamento ao fim de sete anos; o saber que esse aumento de consumo representa hoje, em valor absoluto, 150 milhões de kilowatts-hora (com tendência para crescer), que é preciso gerar, transportar e distribuir a mais em cada ano — estes factos, bem compreendidos e bem meditados no seu avanço assustador, mostram o risco que se corre se deixamos afrouxar a cadência de novas construções de centrais e de linhas.

Se pensarmos que uma central hidroeléctrica de tamanho médio pode produzir 50 a 100 milhões de kilowatts-hora anuais e que uma central grande (para as condições dos nossos rios, exceptuando o Douro internacional) pode atingir 300 ou 400 milhões; se pensarmos ainda que as centrais do Castelo do Bode e Vila Nova tiveram por missão, antes de mais nada, substituir a energia térmica das principais centrais de serviço público, que atingiu 438 milhões de kilowatts-hora em 1950, e que Belver está largamente comprometida para a fabricação de amoníaco, ter-se-á a noção exacta de que a marcha das novas construções terá de ser ininterrupta para não nos atrasarmos, terá mesmo de comportar obras simultâneas, contados três a cinco anos como tempo mínimo para realização de cada uma.

É dos livros que ter boa memória não é virtude dos povos; tudo que passa esquece. Para refrescar memórias fracas recordamos as duras limitações de consumo de energia eléctrica que o Norte do País para cima de Santarém sofreu desde 1943 e tiveram o seu período mais agudo em 1949, ano em que as restrições duraram oito meses e o consumo chegou a estar reduzido, em princípio de Setembro, a 40 por cento do valor normal. As habitações não tinham corrente durante o dia, as fábricas laboravam três dias por semana e os operários, abolidos os horários, começavam à meia-noite o seu dia de trabalho.

Disse-se, e foi verdade, que isto foi culpa da estiagem; mas não se disse a verdade toda, porque também tiveram pesadas responsabilidades a falta de potência instalada e a falta de linhas de interligação.

Estas palavras têm por objectivo mostrar que é útil ter um plano e que é necessário dotá-lo sem grandezas mas com suficiência.

b) *A prioridade de construção.*—É assunto que preocupa muita gente a ordem por que devem construir-se os aproveitamentos hidroelétricos conhecidos.

A ordem de construção das centrais hidroeléctricas pode ser condicionada por diversos factores além do preço da energia: o grau de regularização, dependente de ser mais necessária em dada época a energia de Inverno, a energia de Verão ou a energia regularizada todo o ano; a potência instalada, subordinada ao volume das necessidades a suprir em potência ou energia; a continuidade de marcha dos estaleiros, aconselhando a construção sucessiva de centrais vizinhas; a melhoria que uma central construída a montante pode trazer sobre as centrais de jusante; o tempo de construção ou o avanço do projecto, quando haja urgência em conseguir ràpidamente a entrada em serviço de nova unidade; por último a localização, dependente da posição dos consumos a servir, porque o transporte mais curto é mais seguro e mais barato, sabido que sob esse aspecto a posição óptima da fonte é o centro de gravidade dos consumos. Mas não são estes os parâmetros à volta dos quais normalmente se discute; a inclinação das pessoas decide-se quase sempre exclusivamente pelo preço de custo do kilowatt-hora nas barras da central, o que torna a maioria das discussões menos útil do que aparenta ser.

Há vantagem em atacar simultâneamente diversos sistemas produtores com capacidade e prazos de execução adequados, cujos preços de produção se estimem dentro dos limites razoáveis, mas procurando completar tais sistemas tanto quanto o justifiquem a melhoria da sua produção e o maior aproveitamento dos meios de transporte. Dentro deste espírito se fará o comentário do Plano.

c) *A potência das centrais* — Lançada pelo Estado a construção das centrais do Castelo do Bode e de Vila Nova, com potências em escala europeia (respectivamente 130 000 e 80 000 kW), observa-se com desgosto, porque é nova fonte de confusão, que pessoas insuficientemente esclarecidas, ao lerem estes números, avançam com decisão que já não interessa construir centrais de 10 ou 20 MW.

Há vários erros nesta opinião. Antes de mais nada, ela é uma generalização ilegítima do comentário que sistemàticamente foi feito contra as centrais de algumas dezenas ou centenas de kilowatts, em que tudo é caro e em que só os salários do pessoal sobrecarregam cada kilowatt-hora com al-

guns centavos ou até dezenas de centavos; e diz-se ilegítima porque basta que se atinja uma meia dúzia de milhares de kilowatts para que o encargo de pessoal pràticamente se anule, reduzindo-se a verbas irrevelantes, da ordem de um centavo ou inferiores. O outro erro de tal opinião reside em que uma central hidroeléctrica não se monta com a potência que se quer, mas com aquela que as condições naturais lhe permitem; e se nos fazemos exigentes, abandonando estas centrais, que são médias ou pequenas, mas não são mesquinhas, arriscamo-nos a deixar sem aproveitamento uma parcela apreciável dos recursos do País. Finalmente, um outro erro existe ainda naquela precipitada opinião; nada nos garante que o preço de construção por kilowatt seja maior numa central média do que numa central grande, porque pode até dar-se o contrário se as condições do local o proporcionarem, e nada impedirá então que a central média forneça energia em condições de preço e regularidade equiparáveis às das maiores unidades.

Nunca devemos cair em soluções extremistas. Não tem defesa, nem no campo da técnica nem no da fidalguia de sentimentos, que, mal acabados de sair de um regime de pulverização inclassificável, avancemos palavras desdenhosas para as coisas que possuem a virtude modesta da média, só porque não satisfazem os exageros de quem parece ter mudado de categoria ràpidamente demais.

Só é de aconselhar que as empresas concessionárias dos grandes rios, sem prejuízo das obras fundamentais, vão estudando e equipando os possíveis aproveitamentos das ribeiras afluentes do seu perímetro hidráulico, desde que as condições de preço e qualidade da energia o justifiquem, porque só assim chegaremos a utilizar em pleno os recursos de cada bacia.

d) O rio Douro. — Aconselha-se explicar neste intróito o que vale o Douro como fonte de energia.

Em quantidade vale à roda de 3 000 milhões de kilowatts-hora — uns 60 por cento permanentes e 40 por cento temporários de oito meses. Registe-se, porém, que o Douro não é naturalmente virtuoso, devido à grande irregularidade dos seus caudais, que atingem em cheia 18 000 m^3 por segundo (previsto em Carrapatelo) e descem na estiagem à casa dos 20; e como, por outro lado, não tem possibilidades de armazenamento, porque o seu vale é muito estreito nuns pontos e muito povoado noutros, a quantidade de energia permanente que dele se poderia tirar no estado selvagem seria muito pequena.

O valor do Douro começou com a regularização feita em Espanha no seu grande afluente da margem direita, o Esla (central de Ricobayo), que assegura no Verão uns 100 m^3 de caudal; o Douro nacional virá ainda a beneficiar das obras que os espanhóis fizerem no Tormes e das que nós fizermos nos afluentes portugueses.

As quatro centrais que devem poder montar-se no seu curso a partir da foz do Huebra, onde acaba o troço internacional espanhol, devem ter em média uma produção unitária de 400 milhões de kilowatts-hora; e, para se apreciar como cada uma delas é grande mas não lendária, basta recordar que no ano corrente a central do Castelo do Bode deve produzir uns 350 milhões, ultrapassando os 400 quando o Cabril entrar em serviço.

Há, porém, que não esquecer que, enquanto esta energia do Castelo do Bode é quase toda permanente (digamos 90 por cento), a das centrais do Douro só é permanente em pouco mais de metade (digamos 60 por cento); e, como é corrente aceitar que a energia temporária vale metade da energia permanente, reconheceremos, mediante uma conta muito fácil, que 400 milhões numa central do Douro apenas valem 336 milhões de uma central do Zêzere.

O Douro nacional, se oferece vantagens, também oferece inconvenientes; a construção das suas centrais não é barata, porque têm de dar escoante a um elevadíssimo caudal de cheia (o que é um encargo), e porque têm numerosas restrições, devido às construções ribeirinhas (povoações, caminhos de ferro, estradas, pontes, etc.).

Não há, pois, razão justificada de preferência pelo Douro nacional em relação aos outros sistemas conhecidos, a não ser pela

energia temporária que ele produz abundantemente; mas, além de que essa energia temporária só em 1952 começou a ter consumo sensível com a laboração das duas fábricas de amoníaco (Estarreja e Alferrarede), tem-se a impressão de que não será indispensável o Douro para as alimentar. Se outra indústria do mesmo género se vier a montar (por exemplo a electrossiderurgia), o Douro terá então uma prioridade indiscutível. Por outro lado, essa energia temporária, vista no aspecto da conjugação com energia de albufeiras, só agora começa a ter alguma possibilidade de aproveitamento, porque só agora começa a haver grandes albufeiras de regularização anual.

Ao que se lê, uma vantagem suplementar se aponta ao aproveitamento do Douro nacional: a navegabilidade do rio.

Que o aproveitamento da energia arraste a navegação do Douro é assunto que não se discute; que a navegação dê prioridade às obras do Douro é matéria que não se contesta, mas sôbre que se têm dúvidas.

Digamos agora duas palavras sobre o Douro internacional.

Se pensarmos em que a sua produção total é da ordem de 2 000 milhões de kilowatts-hora, a aproveitar em duas ou três quedas, concluiremos que qualquer delas, tendo produção maior que as do Douro nacional, seria, com mais forte razão, grande de mais para nos ter interessado até agora.

No momento presente as perspectivas são outras. O nosso consumo aumenta por ano perto de 150 milhões de kilowatts-hora, não só porque a lei natural de crescimento é, como já se disse, a progressão geométrica, mas ainda porque, depois da guerra, se tem notado certa aceleração nos consumos industriais e domésticos. O Douro internacional, se ainda é grande, começa a não ser disparatado; simplesmente, porque nunca foi estudado a fundo, só há a seu respeito ideias de superfície que estão longe de permitir uma construção imediata. O Douro nacional, se está melhor colocado a esse respeito, não possui, contudo, um projecto definitivo; há, do Carrapatelo, um anteprojecto.

Se é de esperar que o Douro internacional nos produza energia permanente a preço inferior a $20, importa não esquecer que ele se encontra desfavoràvelmente localizado em relação aos centros de consumo. A sua ligação à subestação de Ermesinde por duas linhas a 150 000 volts, com 200 km cada, custará cerca de 120:000 contos, enquanto que a ligação de Carrapatelo à mesma subestação exigirá apenas duas linhas de 50 km, correspondendo, portanto, a um quarto da despesa; mas a provável necessidade de recorrer a uma tensão mais alta poderá ainda afectar o custo desse transporte. Apesar disso, o Douro internacional é, sem contestação, a nossa melhor fonte.

Esta é a verdade sobre o Douro, que a Câmara Corporativa entendeu dever antepor à análise do Plano, para esclarecer comentários que se têm feito sobre o aproveitamento deste rio, orientar a discussão que certamente se fará e justificar a posição que tomará adiante na ordem de prioridade das novas centrais a construir.

Adubos azotados

1) *A posição actual*

Está fora de discussão o interesse que representa para qualquer país a indústria dos azotados, e o propósito, evidenciado no Plano, de acrescentar o equipamento de tal indústria encontra nesta secção pleno assentimento. Só o pormenor poderá levantar divergências de opinião.

De facto, a indústria dos azotados, tal como hoje se encontra equipada (não esquecendo que 1952 foi o seu primeiro ano de laboração), está ainda longe de satisfazer as necessidades do País. Se excluirmos a cianamida cálcica, que não é obtida a partir do amoníaco e cuja fábrica ainda está em montagem, encontraremos que foi de 144 000 t a importação que se fez em 1951 de sulfato de amónio e nitratos, enquanto as nossas duas fábricas de amoníaco (Estarreja e Alferrarede), dispondo hoje de uma potência eléctrica conjunta de 37 000 kW, são capazes de produzir em sulfato de amónio, supondo um ano de

chuvas normais que permita dar-lhes 6 000 horas de utilização anual (ordem de grandeza do máximo que se encontra pela Europa), são capazes de produzir — repete-se — apenas umas 63 000 t. Se, como se espera, estas duas fábricas aumentarem a sua potência de electrólise em 5 000 kW cada uma, a sua produção poderá subir dentro de dois anos, supondo a mesma utilização, para cerca de 80 000 t — 36 000 em Estarreja e 44 000 em Alferrarede —, implicando um consumo de 280 milhões de kilowatts-hora de energia de nove meses. Foi este o número que se considerou nas previsões de consumo da energia eléctrica.

Interessa naturalmente, concluída esta 1.ª fase das duas fábricas, cuidar de novo aumento da sua capacidade de produção, para tirar todo o proveito que pode dar a concentração do fabrico, de que resulta melhor utilização das instalações e maior diluição dos gastos gerais. Esta doutrina é, aliás, válida para todas as instalações industriais, em grau maior ou menor.

Não é prudente, dentro dos seis anos do Plano, isto é, enquanto não estiver em laboração uma central do Douro, pensar no aumento da potência eléctrica destas fábricas além da que ficou indicada, porque as disponibilidades de energia não são muito folgadas. Já no quadro das industrias-base que figurou no relatório da proposta de lei de fomento e reorganização industrial, de Maio de 1944, se não foi além de 330 milhões de kilowatts-hora como consumo desta indústria. Os nossos recursos não são ilimitados (poderão computar-se em 10 000 milhões entre energia permanente e temporária) e há que contar com outras indústrias electroquímicas ou electrometalúrgicas que certamente não deixarão de se instalar no futuro.

Por outro lado, a escolha do método electrolítico para estas primeiras unidades resultou, além do mérito próprio que analisaremos adiante, do facto de que à data do seu licenciamento não havia outros recursos nacionais conhecidos para produzir hidrogénia e se pretendia, pelas razões que bem se compreendem, dar aos azotados condições de estabilidade de preço e de abastecimento. Mas, dentro destes princípios, não faria sentido que esta indústria dependesse exclusivamente da energia hidroeléctrica, em parte temporária, para a produção do hidrogénio, sabido que a energia disponível é fortemente variável de ano para ano e que as limitações de consumo, quando necessárias, começam em toda a parte pelas indústrias electroquímicas, não só porque são grandes consumidoras e com a sua paragem se consegue o máximo de benefício com o mínimo de perturbação social, mas ainda porque, exigindo a natureza da sua actividade a aplicação de tarifas de energia muito reduzidas, há certa compensação em as tomar como volantes do consumo. Sempre o trabalho da electrólise foi considerado temporário, pela impossibilidade de ser de outra maneira, entre nós como no resto da Europa; e a ideia de preencher este vazio com hidrogénio de outra origem nasceu naturalmente.

Na época em que estes assuntos se ventilaram entre nós só as lignites da Batalha ofereciam condições conhecidas de gasificação, mas a sua pequena quantidade dificilmente justificava o estabelecimento da indústria baseada nelas. Hoje dispõe a técnica de outros recursos, que nos permitem encarar novas soluções: as lignites de Rio Maior, cuja existência averiguada é de 25 milhões de toneladas, e as antracites durienses, estas ainda com dificuldades técnicas, aliás comuns a todas as antracites. As lenhas, em que se falou muito no início, oferecem também uma técnica duvidosa e têm o inconveniente grave de sofrerem loucas e irreprimíveis flutuações de preço.

Entre as matérias importadas contam-se o carvão de coque, o *fuel-oil* e, como última solução aparecida, os gases de *cracking* da refinaria da Sacor. O coque, o mais clássico gerador de hidrogénio nos países que o produzem, nunca foi considerado nos primeiros projectos, por ser produto de importação e ser mesmo impossível de obter nessa data, porque se estava em plena guerra; mas ainda depois disso ele não tem reunido a unanimidade das opiniões quanto à conveniência do seu emprego. O *fuel-oil*, como a antracite, não é solução habitual, porque

o seu êxito ainda não parece seguro na produção de gás de síntese; e acrescem as reservas já formuladas para o coque.

2) *O hidrogénio electrolítico*

Antes de enunciar a solução que se preconiza quanto ao futuro da indústria dos azotados, é conveniente fixar algumas ideias sobre as virtudes relativas das duas vias de produzir hidrogénio — electrolítica e química —, dado que o hidrogénio químico tem sido algumas vezes apresentado, não como solução prevista para vir oportuuamente colaborar na produção de amoníaco, mas como inovação que vem fazer concorrência ao hidrogénio electrolítico. O próprio relatório do Plano não foge a anunciar que ele virá reduzir o preço médio do adubo.

A noção de que o hidrogénio electrolítico é mais caro do que o hidrogénio químico nasceu nos países do centro da Europa e na América do Norte, onde a produção de hidrogénio, pelas condições naturais, é feita quase exclusivamente por via química. O aproveitamento de subprodutos, como gases de fornos de coque, gases de fornos metalúrgicos, gases de refinarias, carvões baratos, resíduos de carvão, etc. — artigos a que se pode atribuir o preço que se quiser, porque são resíduos de outras fabricações com outros objectivos —, e ainda, quando tal se oferece, o aproveitamento de gases naturais, indicam-se como a fórmula lógica de produzir hidrogénio, porque, fora disso, tais matérias para pouco mais servirão do que para queimar; e como a sua aplicação dispensa o quantioso volume de energia requerido pela electrólise, que, onde a electricidade é escassa, se pode, embora em parte, colocar a melhor preço noutros usos, nasceu a ideia justa de que o processo electroquímico é uma forma cara de produzir hidrogénio.

Vejamos agora até onde é legítimo aplicar estes princípios ao nosso país, neste momento em que nos aparecem dois agentes de produção de hidrogénio francamente canónicos — a lignite de Rio Maior e os gases da refinaria de Cabo Ruivo —, e procuremos saber se, em face destas realidades, a produção electrolítica, se ainda não existisse, seria de excluir do nosso programa.

Lembremo-nos de que os rios portugueses, devido à falta de neves duradouras, têm um regime torrencial — com águas altas no Inverno e Primavera e uma estiagem prolongada no Verão e Outono — sem possibilidade de se compensarem uns aos outros, salvo, porventura, no escasso intervalo de poucas semanas.

Resulta daqui que a produção permanente de energia em Portugal só pode fazer-se à custa de fortes regularizações de caudal e resulta ainda que, na generalidade dos anos, há um excedente de energia temporária que não tem outra aplicação além do consumo em indústrias que tolerem funcionamento intermitente, como é o caso das electroquímicas e electrometalúrgicas ou da bombagem de água para acumulação. O mesmo se dá na Suíça, onde há importantes instalações deste tipo e larga difusão de caldeiras eléctricas de funcionamento temporário; e não se fala da Noruega, que, em matéria de hidroelectricidade a fio de água, se situa num mundo diferente do nosso.

Aparece-nos assim uma matéria-prima nacional (a energia temporária), que, ou se aproveita desta maneira, ou se perde sem recurso.

O preço do hidrogénio, e portanto o do adubo, vão depender do preço da energia eléctrica ou do preço do combustível, consoante o caso; uma instalação de electrólise custa um pouco mais cara que uma instalação de gasificação, mas tem menores despesas de exploração; a instalação de electrólise, embora de trabalho intermitente, atinge utilizações de 5 000 a 6 000 horas da sua potência máxima, e ainda que se admita que a instalação química atinge número superior, há que contar para esta última com depreciação mais rápida, pelo que o peso desta rubrica será sensìvelmente o mesmo dos dois lados; e torna-se então claro que há sempre um preço de energia suficientemente baixo que conduz ao mesmo preço de custo do hidrogénio que uma instalação por via química. Concluir, como já

se tem feito, que, mesmo com electricidade gratuita, o hidrogénio electrolítico é mais caro, é um resultado que se supõe andar perto do absurdo.

Sucede, por outro lado, que um dos princípios gerais da tarifação da energia eléctrica é o de que o seu preço se deve adaptar às possibilidades económicas do consumo; e é por isso que se encontra a mesma energia eléctrica tarifada a preços que variam na proporção de 1 para 8 (ou, pelo menos, de 1 para 5), como acontece, por exemplo, entre o 1.º e 3.º escalões das tarifas domésticas bem estabelecidas.

Dentro deste critério, os preços de energia para a electroquímica são sempre fixados em níveis muito baixos, ao passo que nas instalações por via química a energia é tarifada ao preço normal da força motriz. Este desiquilíbrio tem por fundamento o tratar-se num caso de energia permanente e noutro de energia temporária no todo ou em parte, e tem por finalidade equilibrar o preço do artigo que se produz; e se as tarifas de electricidade são estabelecidas com este objectivo é ousado afirmar que um processo é mais barato que outro, tanto mais que em alguns países ambos vivem lado a lado.

Por estas razões, a comparação de preços de custo para efeito da escolha, em cada país ou em cada região, dos sistemas a adoptar para produzir hidrogénio não diz nada quanto aos méritos intrínsecos do sistema escolhido, porque esses preços não são uma resultante natural das virtudes ou defeitos de tal sistema, mas são muitas vezes o fruto de convenções arbitrárias, como aquelas que fixaram o valor das matérias-primas (subprodutos ou energia) feitas com o objectivo de tornar possíveis os diversos métodos de produção; e disso resulta que o critério de escolha do processo é fundamentalmente o de aproveitar os recursos de que se dispõe.

Interessa repetir que o fornecimento de energia à electroquímica a preços muito baixos, representaria um pesado encargo para a indústria eléctrica e seria talvez inviável se não trouxesse algumas compensações, que a generalidade das indústrias não dá. Essas compensações residem na boa utilização, no bom factor de potência e, essencialmente, na boa adaptação ao diagrama, permitindo reduções de potência à hora da ponta e a interrupção total nos meses em que não haja disponibilidades. Esta última vantagem equivale ao que já atrás se disse: aproveitamento de energia temporária, que não serve para mais nada.

Na realidade, a energia temporária tomada por uma indústria electroquímica representa para os produtores um excesso de venda, pois sem tal indústria esta energia seria perdida por falta de comprador; há pois uma receita suplementar que compensa no todo ou em parte qualquer parcela de energia permanente que seja fornecida a baixo preço, juntamente com a temporária; e, por isso, esta venda às electroquímicas nem é tão ruinosa como à primeira vista pode parecer, nem é situação de favor para o cliente, como às vezes se diz.

Sucede que o preço de $12 por kilowatt-hora, que hoje se pratica entre nós para este uso, foi fixado um pouco por sentimento e por comparação com o que se passa noutros países, visto não haver experiência própria; não se afirma que ele seja o preço justo, mas pensa-se que, se o não for, não andará longe disso.

Não quer deixar de referir-se que entre as centrais portuguesas que hoje alimentam indústrias electroquímicas (Zêzere, Cávado, Lindoso, Serra da Estrela e Belver) esta última se encontra em condições de suportar difìcilmente o preço deste fornecimento.

Julga-se assim poder voltar a afirmar que o hidrogénio electrolítico é uma solução que continua a ter hoje o interesse que teve há onze anos, quando as primeiras licenças se publicaram no *Diário do Governo*. Não quer dizer que ele é melhor nem pior; quer dizer que tem, por direito próprio, a sua posição ao lado do hidrogénio químico.

E só mais duas palavras. É evidente a vantagem de melhorar o preço de produção das duas fábricas de amoníaco, embora elas estejam vendendo ao preço a que nos vendiam as fábricas estrangeiras, o que já é de apreciar; tomáramos nós que isto acontecesse com todas as indústrias. Mas porque

a coisa se apresenta bem, é que nos deu para sermos exigentes e querermos ainda melhor.

São dois os caminhos que se oferecem para reduzir o preço dos azotados: aumentar a produção das fábricas, como atrás se disse, e aliviá-las de certos encargos não razoáveis.

Quanto ao aumento de produção falaremos no número seguinte; quanto aos encargos não razoáveis, oferece-se lembrar que o Amoníaco Português montou parte importante do seu estabelecimento fabril com 122:460 contos, emprestados, pelo prazo de dez anos, parte pela Caixa Nacional de Crédito e parte pelo Fundo de Fomento Nacional. Não parece razoável que esta verba, que se pode considerar duplamente de 1.º estabelecimento — porque é imobilização em equipamento e porque é o equipamento inicial —, seja amortizada em dez anos; não seria favor, seria mesmo mais curial, que o fosse em vinte ou vinte e cinco anos, que é prazo corrente de crédito industrial; e desta inadaptação de tal crédito ao fim a que se destina resulta que para a produção de 27 000 t anuais de sulfato de amónio, máxima prevista com o equipamento actual, o aumento de encargo destes empréstimos, em relação ao que resultaria de um crédito a vinte e cinco anos, é de 265$ por tonelada. Como a energia eléctrica para produzir uma tonelada custa, também ao preço actual, 420$, concluímos que só aquele excesso de amortização vale tanto como 63 por cento do custo da electricidade.

E é caso para reflectir se é no custo desta que se deve actuar e se é ela a responsável por um preço de adubo que se reputa alto.

3) *O programa das obras*

Oferece sua delicadeza o programa de ampliação da indústria dos azotados. Aumentada com 5 000 kW a potência de electrólise de cada uma das fábricas, trabalho que se supõe em curso e que se reputa, como foi dito, o máximo que deverá fazer-se por esse lado na meia dúzia de anos mais próximos, há que definir como e onde se vai produzir o hidrogénio químico que dará o complemento da produção nacional.

Com esta ampliação da sua parte eléctrica, podem as duas fábricas produzir anualmente, como se disse, 80 000 t de sulfato de amónio, isto é, 20 000 t de amoníaco nos anos chuvosos e uma quantidade menor nos anos secos, variável com a hidraulicidade.

A importação de azotados registada em 1951 corresponde, aproximadamente, a 38 000 t de amoníaco, pelo que se afigura, tendo em conta o aumento de consumo, que deveremos equipar-nos para o aumento mínimo de 20 a 25 000 t na produção de amoníaco, mesmo tendo em conta que, por motivos comerciais, talvez venha a ser útil manter certa importação de nitratos.

Ao que se sabe, propõem-se as duas fábricas existentes aumentar em cerca de 7 500 t de amoníaco cada uma a sua capacidade, a partir da gasificação do coque ou de *fuel-oil*, visto que, dos combustíveis nacionais, as antracites não dão resultados satisfatórios e as lignites de Rio Maior são, ou presumem-se, difícilmente transportáveis.

A adoptar-se esta solução, que parece ser a que o Plano prevê quando consigna 150:000 contos para a 2.ª fase do sulfato de amónio, eleva-se a cerca de 140 000 t a capacidade de produção deste adubo. Este programa, que tem a vantagem de melhorar a utilização de algumas das instalações existentes nas fábricas, oferece certos inconvenientes.

1.º Deixa sem utilização as lignites de Rio Maior e os gases da refinaria, utilizando em seu lugar artigos de importação;

2.º Fracciona a produção por via química, criando duas unidades de gasificação relativamente pequenas;

3.º Eleva a capacidade de produção de sulfato de amónio para um valor alto, talvez demasiado em vista da tendência para o emprego de nitratos, que não temos interesse em contrariar porque nos permite poupar enxofre.

Pelo que se refere a este último ponto, a orientação original de começar pelo sulfato e deixar para 2.ª fase os nitratos nasceu de que, antes da última guerra, o consumo de sulfato representava mais de 80 por cento do total dos azotados; mas os números que se citam no relatório do Plano mostram claramente que se desenha entre nós, como em toda a Europa, a tendência para retroceder.

Se pensarmos que a instalação de unidades de hidrogénio químico nas actuais fábricas de amoníaco pouco mais utilizará do material existente do que o tubo de síntese (e talvez só em Estarreja), porque se prevê que o aumento da produção de hidrogénio obrigue a ampliar algumas secções (compressores, gasómetros, etc.), e se atendermos a que a ampliação, já referida, de 5 000 kW, aumenta 2 000 t a produção de amoníaco de cada fábrica, o que já contribui de alguma maneira para a melhoria daquela utilização, é-se levado a pensar que os inconvenientes da sulução superam os benefícios.

Vista a questão por outro lado, a vantagem de formar uma só unidade e reunir nela o tratamento de lignites e gases, servindo aquelas de equilíbrio a estes, é fortemente tentadora; e a relativa proximidade das duas fontes torna a hipótese viável.

Esta nova unidade, equipada inicialmente para 20 ou 25 000 t de amoníaco, fabricaria exclusivamente amoníaco que entregaria às duas empresas existentes e que estas transformariam em sulfato até ao limite de absorção do mercado, o que satisfaria o objectivo de aumentar o volume de produção das suas unidades, embora só nas secções do ácido e sulfatização.

Dentro de alguns anos, acentuando-se, como se espera, a procura de nitratos, a nova unidade montaria o fabrico de ácido azótico e passaria a fornecer no mercado nitrato de cálcio e nitrato de amónio e, porventura mais tarde, o cloreto de amónio, que daria como subproduto o carbonato de sódio. Encontrar-se-ia ainda nesta unidade a solução lógica para a matéria-prima da fabricação de explosivos (ácido azótico).

As fábricas de Estarreja e Alferrarede não ficariam impedidas de aumentar a sua produção de amoníaco, melhorando a utilização da síntese ou de outro equipamento dentro da sua especialização. Logo que se conte com uma central no Douro, não se prevê dificuldade em poder aumentar um pouco mais a potência de electrólise. Se Estarreja montasse então o seu 5.º grupo, para o qual já tem edifício e com o qual completaria o projecto inicial, ficaria com a capacidade de 11 000 t de amoníaco, com o que atingiria quase a plena carga do seu tubo de síntese durante nove meses. Hipótese semelhante se pode encarar para Alferrarede.

A sugestão de uma nova unidade que centralizasse a produção de hidrogénio químico pode parecer injusta para as duas empresas que hoje trabalham pelo processo eloctrolítico: União Fabril e Amoníaco Português. Mas a injustiça é só aparente. A Sociedade dos Adubos de Portugal, empresa que se tem dedicado ao estudo da aplicação das lignites de Rio Maior, sob o patrocínio e com a comparticipação do Estado, tem hoje por principais accionistas o Estado e a União Fabril e julga-se estar assente a entrada do Amoníaco Português.

Com o Estado a servir de fiel, as duas empresas, em vez de construirem separadamente as novas instalações, poriam os seus fundos em comum e levantariam uma só unidade, onde aproveitariam na proporção mais conveniente as duas fontes nacionais (de uma melhor se dirá nacionalizada) de hidrogénio químico. De real, vê-se o inconveniente de contrariar certo espírito isolacionista das empresas, que não se tem como censurável; mas não se lhe atribuiu peso bastante para levar a outra solução.

O esquema que se deixa esboçado tem um fundo seguramente lógico, um alcance de coordenação francamente satisfatório; mas para o tornar em projecto há que o apoiar numa análise de pormenor que a Câmara Corporativa não tem tempo nem meios de fazer.

O custo de estabelecimento desta instalação pode computar-se em 180:000 contos, um pouco superior aos 150:000 previstos no Plano para a ampliação das fábricas actuais, porque se considera escasso este último valor.

C. D. 537.311.62

EFEITO DE PELE. CÁLCULO DA RESISTÊNCIA EFECTIVA DE CONDUTORES EM CORRENTE ALTERNADA

PELO ENG.º DIPL.º (I. S. T), ANTÓNIO A. DE CARVALHO FERNANDES
M. I. R. E., A. M. I. E. E.

SUMÁRIO: — A partir das equações de propagação das ondas electromagnéticas planas num meio condutor estabelece-se a lei de distribuição do campo eléctrico, do campo magnético e da densidade de corrente no caso particular de um bloco condutor semi-infinito. As perdas por efeito Joule no condutor são calculadas a partir do fluxo do vector de Poynting através da sua superfície de limitação. Calcula-se assim a resistência eléctrica efectiva do condutor e verifica-se que as perdas que correspondem à distribuição real da corrente em toda a espessura do condutor são iguais às perdas que existiriam se a corrente total fluisse, com densidade uniforme fictícia, na «espessura de pele» do condutor. Com base nessa conclusão, deduzem-se métodos práticos de cálculo da resistência efectiva de condutores percorridos por corrente alternada, problema que se apresenta com grande interesse na técnica das Telecomunicações.

1. — Introdução

Dá-se a designação de *efeito de pele* ao fenómeno, que se verifica em condutores percorridos por corrente alternada, de não ser uniforme a densidade de corrente nos diferentes pontos da sua secção, diminuindo essa densidade da periferia para o interior do condutor. O efeito de pele é tanto mais acentuado quanto mais elevada for a frequência e corresponde pràticamente a uma redução da área útil do condutor e portanto a um aumento, com a frequência, da sua resistência efectiva em corrente alternada. É evidente que o estudo do efeito de pele tem um grande interesse para as Telecomunicações, pois, quer em antenas, quer em linhas de transmissão ou guias de onda, existem condutores percorridos por corrente alternada de frequência elevada.

O estudo do efeito de pele pode ser feito a partir das equações de propagação das ondas electromagnéticas num meio condutor e vamos ver que a distribuição não uniforme da densidade de corrente corresponde a uma idêntica distribuição dos campos eléctrico e magnético no interior do condutor.

No caso duma linha de transmissão, o efeito de pele, além de produzir um aumento da resistência efectiva dos condutores, vai provocar uma diminuição do coeficiente de auto-indução da linha por ser apreciàvelmente reduzido o campo magnético no interior dos condutores e ser assim menor o fluxo de ligação magnética que corresponde ao valor desse coeficiente de auto-indução. Este último aspecto do problema não é contudo tratado neste estudo.

Neste artigo começamos por estudar as condições de propagação no caso ideal de um bloco condutor semi-infinito e analisar com rigor o efeito de pele nesse caso particular. Aplicamos a seguir as conclusões obtidas, para o cálculo da resistência efectiva de condutores em corrente alternada. Consideramos neste estudo o caso particular de os campos eléctrico e magnético se-

rem funções harmónicas e por isso usamos a notação simbólica complexa. Como sistema de unidades, usamos o sistema racionalizado M K S.

2. — Propagação num meio condutor

O estudo da propagação das ondas electromagnéticas planas num meio condutor leva-nos às seguintes equações da variação das amplitudes complexas dos campos eléctrico e magnético ao longo da direcção de propagação, num sistema de coordenadas rectangulares e para o caso de ondas polarizadas segundo o eixo dos y y:

$$\dot{E}_y = \dot{E}_p \, e^{-\gamma x} + \dot{E}_n \, e^{+\gamma x} \qquad (1)$$

$$\dot{H}_z = \dot{H}_p \, e^{-\gamma x} + \dot{H}_n \, e^{+\gamma x} \, . \qquad (2)$$

$\dot{E}_p$ e $\dot{E}_n$, $\dot{H}_p$ e $\dot{H}_n$ são constantes complexas de integração cujos valores dependem das condições iniciais do problema. Essas constantes estão relacionadas pelas equações

$$\frac{\dot{E}_p}{\dot{H}_p} = -\frac{\dot{E}_n}{\dot{H}_n} = \eta \qquad (3)$$

que definem a constante η designada por *impedância intrínseca do meio.* A constante γ, designada por *constante de propagação,* tem, para o caso típico dos metais, o valor aproximado dado pela equação

$$\gamma = \frac{1}{\delta}\left(1 + j\right) \qquad (4)$$

em que o parâmetro δ, designado por *espessura equivalente de penetração* ou *espessura de pele,* depende da frequência f, da permeabilidade magnética μ e da condutibilidade σ do meio, e é dado pela equação

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi \, f \, \mu \, \sigma}} \, . \qquad (5)$$

Também para o caso dos metais, a impedância intrínseca é dada pela expressão aproximada

$$\eta = \frac{1}{\sigma \, . \, \delta}\left(1 + j\right) \, . \qquad (6)$$

3. — Propagação no caso ideal de um bloco condutor semi-infinito

Consideremos o caso ideal de um bloco condutor semi-infinito, limitado por uma superfície plana. Consideremos que se trata de um condutor metálico e que se aplicam portanto as condições já referidas.

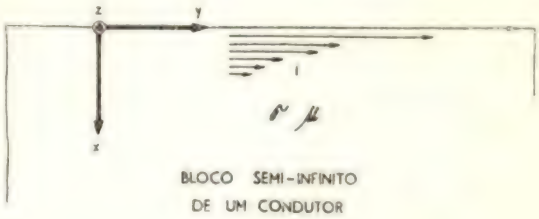


Fig. 1

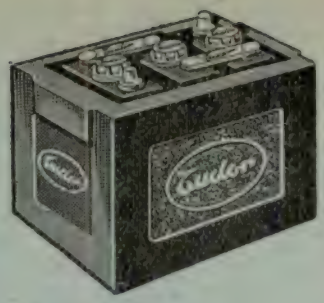
Imaginemos um sistema de eixos rectangulares com a origem na superfície de limitação do condutor, sendo o eixo dos z z perpendicular ao plano de desenho, para fora; o eixo dos y y existindo na superfície de limitação; e o eixo dos x x normal a essa superfície. Consideremos uma onda polarizada segundo o eixo dos y y, propagando-se na direcção do eixo dos x x tal como previsto nas equações (1) e (2). As duas parcelas destas equações representam, respectivamente, duas ondas que se propagam, uma no sentido positivo do eixo dos x x e outra no sentido negativo desse eixo. É evidente, contudo, que no caso do bloco semi-infinito que estamos considerando apenas tem realidade física a onda que se propaga no sentido positivo, e é traduzida pela primeira parcela nas equações referidas, porquanto a segunda parcela significaria uma onda cuja amplitude aumentaria indefinidamente com x.

As amplitudes complexas do campo eléctrico e do campo magnético no interior do condutor serão portanto dadas pelas equações

$$\dot{E}_y = \dot{E}_p \, e^{-\gamma x} \qquad (7)$$

$$\dot{H}_z = \dot{H}_p \, e^{-\gamma x} \qquad (8)$$

de onde concluímos que as constantes $\dot{E}_p$ e $\dot{H}_p$ representam respectivamente as ampli-

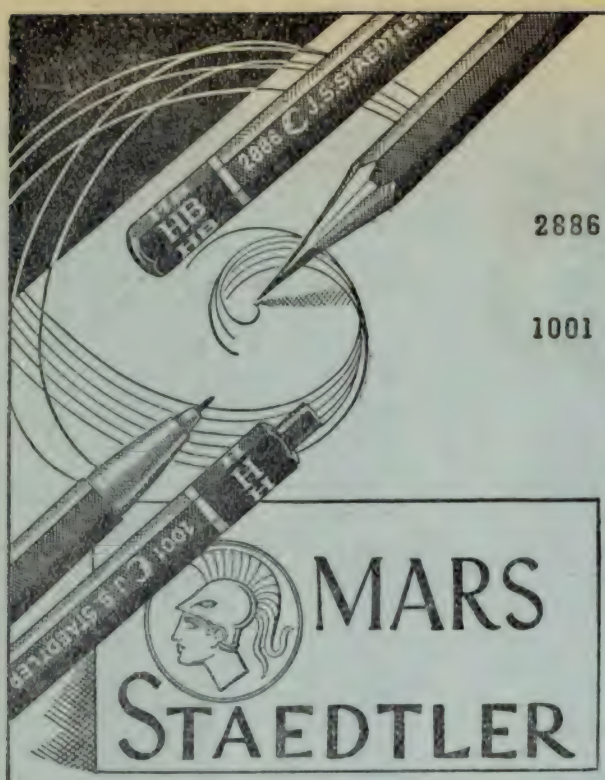


BATERIAS Tudor

Tudor

PORTUGAL

PILHAS SECAS Tudor



MARS - LUMOGRAPH

O lapis universal de traço espesso para escrita e todos os desenhos, dando reproduções de planos impecaveis

2886 MARS-LUMOGRAPH o lapis com 19 graus de dureza especialmente estudados

1001 MARS-LUMOGRAPH-TECHNICO, a lapiseira moderna com saida da mina por pressão, impecavelmente equilibrada quanto á distribuição do peso, de execução perfeita, com as minas 1903 em 15 graus de dureza

Representantes gerais em Portugal:
Ahlers, Lindley, Lda.
Rua Ferregial de Baixo 33-2º
Lisboa
Telefones 21321/4

PRODUTOS

Inertol

ao serviço da técnica e da inteligência

ANTIFERRUGINOSOS
IMPERMEABILIZANTES
ANTICORROSIVOS

Todas as grandes obras da Alemanha, Bélgica, França, Portugal e Suíça confiaram a **«INERTOL»** sua defesa e garantia das milionárias somas aplicadas.

Presta-se assistência especial a cada caso e agradece-se qualquer consulta:

No Sul — **A. dos Santos Júnior**
Lisboa — Rua Castilho, 57, solo E.

No Norte — **A Algodoeira W. Stam, Lda.**
Porto — Rua Sá da Bandeira, 562-4.º

Niagara Filter
EUROPE

Os **«Niagara Filters»**, de aplicação em todos os ramos da indústria, são constituídos fundamentalmente por «folhas filtrantes sob pressão», em aço inoxidável. Não utilizam qualquer tecido para filtrar e permitem débitos 2 a 5 vezes maiores que outro qualquer filtro conhecido.

Caso a vossa indústria envolva «filtragem» permita que os Engenheiros da **«Niagara Filters»** lhe indiquem como pode reduzir as suas despezas e melhorar a qualidade dos seus produtos.

Para informações mais completas consultar os representantes exclusivos:

António Pacheco Agostinho, L.DA

Rua Rodrigues Sampaio, 15-2.º Dt.º

LISBOA TELEF. 5 4191 / 4 2160

tudes complexas do campo eléctrico e do campo magnético à superfície de limitação do condutor.

Pela lei de Ohm, no seu aspecto de equação local,

$$\vec{i} = \sigma \vec{E} \tag{9}$$

concluímos que o vector densidade de corrente no bloco condutor terá uma amplitude complexa dada pela equação

$$\dot{i}_y = \dot{i}_p \, e^{-\gamma x} \tag{10}$$

em que $\dot{i}_p$, amplitude complexa do vector densidade de corrente à superfície do condutor, será

$$\dot{i}_p = \sigma \dot{E}_p \quad . \tag{11}$$

Das equações (10) e (4) concluímos que será

$$\dot{i}_y = \dot{i}_p \, e^{-\frac{x}{\delta}} \, e^{-j\frac{x}{\delta}} \tag{12}$$

equação que nos dá o valor da amplitude complexa da densidade de corrente para cada valor de x e que nos *mostra que esta densidade de corrente vai decrescendo exponencialmente à medida que x aumenta, isto é, à medida que se progride da periferia para o interior do condutor.* Esta equação traduz portanto analìticamente o efeito de pele que tinha sido descrito de maneira genérica como uma diminuição da densidade de corrente da periferia para o interior do condutor. Vê-se ainda, pela análise desta equação, que o enfraquecimento da densidade de corrente é tanto mais intenso quanto maior for o factor $1/\delta$ que, pela equação (5), vimos ser proporcional à raiz quadrada da frequência. Assim se verifica que o efeito de pele se acentua com a frequência.

4. — Cálculo das perdas por efeito Joule no bloco condutor semi-infinito

As perdas de energia, por efeito Joule, no condutor corresponderão ao fluxo do vector de Poynting através da superfície de limitação do bloco semi-infinito. Para calcular esse fluxo, determinemos primeiro a amplitude complexa do vector de Poynting à superfície do condutor. Essa amplitude complexa define-se como o produto da amplitude complexa do campo eléctrico pelo conjugado da amplitude complexa do campo magnético. Metade da parte real desse complexo significa, fìsicamente, o valor médio da potência que flui através da unidade de área da superfície em questão e que, neste caso, corresponde às perdas por efeito Joule no bloco condutor na parte que corresponde a essa área unitária. As amplitudes complexas dos campos eléctrico e magnético, à superfície do condutor, poderão exprimir-se, em virtude das equações (11), (3) e (6), pelas relações

$$\dot{E}_p = \frac{1}{\sigma} \dot{i}_p \tag{13}$$

$$\dot{H}_p = \frac{\dot{E}_p}{\eta} = \frac{1}{\sigma\eta} \dot{i}_p = \frac{\delta}{1+j} \dot{i}_p = \frac{1}{2} \delta (1-j) \dot{i}_p \, . \tag{14}$$

O vector de Poynting será orientado segundo o eixo dos xx, em virtude de os campos eléctrico e magnético serem orientados respectivamente segundo os eixos dos yy e dos zz. A sua amplitude complexa $\dot{N}_x$ terá à superfície do condutor um valor $\dot{N}_o$ que será dado pela equação

$$\dot{N}_o = \dot{E}_p \, \overline{\dot{H}_p} \quad . \tag{15}$$

Se, na notação simbólica complexa que estamos a utilizar, tomarmos como origem dos tempos um instante tal que a amplitude complexa $\dot{i}_p$ se reduza a um número real que designaremos por i_p, a amplitude complexa $\dot{E}_p$ será também um número real E_p e as equações (13) e (14) poderão agora escrever-se

$$\dot{E}_p = E_p = \frac{1}{\sigma} i_p \tag{16}$$

$$\dot{H}_p = \frac{1}{2} \delta (1-j) \, i_p \quad . \tag{17}$$

O conjugado de $\dot{H}_p$ será portanto

$$\overline{\dot{H}_p} = \frac{1}{2}\ \delta(1+j)\ i_p \qquad (18)$$

e, em virtude de (15), (16) e (18), conclui-se

$$\dot{N}_o = \frac{1}{2}\ \frac{\delta}{\sigma}\ (1+j)\ i_p^2 \qquad (19)$$

o que significa que o valor médio da potência dissipada por efeito Joule na parte do bloco condutor correspondente a uma área unitária da superfície de limitação, dado por metade da parte real de $\dot{N}_o$, será

$$P = \frac{1}{4}\ \frac{\delta}{\sigma}\ i_p^2\ . \qquad (20)$$

5. — Cálculo da intensidade da corrente através do bloco condutor

Consideremos, na superfície de limitação, uma área unitária definida pelo quadrado ABB'A' como se mostra na fig. 2.

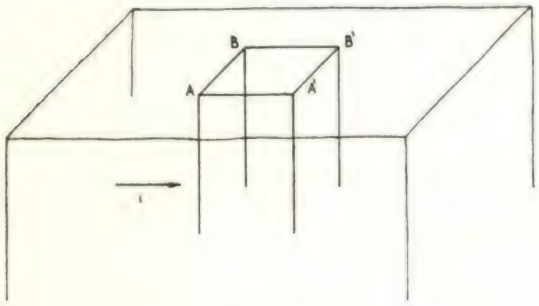


Fig. 2

Calculemos a intensidade da corrente fluindo através do rectângulo de lados $\overline{AB}$ e ∞. Para isso calculemos a amplitude complexa da intensidade de corrente $d\dot{I}$ através da secção elementar $dS = l.\ dx$ em que $l = \overline{AB}$ é a unidade de comprimento.

Por definição de densidade de corrente será

$$d\dot{I} = \dot{i}\ l\ dx \qquad (21)$$

e, em virtude da equação (12), será

$$d\dot{I} = i_p\ e^{-\frac{x}{\delta}(1+j)}\ l\ dx\ . \qquad (22)$$

O valor da amplitude complexa da corrente total $\dot{I}$ através da secção representada na fig. 3 será

$$\dot{I} = \int_0^\infty i_p\, l\, e^{-\frac{x}{\delta}(1+j)}\ dx = \frac{1}{2}\, i_p\ l\ \delta\ (1-j)\ . \qquad (23)$$

Fig. 3

A amplitude da corrente alternada será o módulo deste complexo e será portanto

$$I_m = \frac{\sqrt{2}}{2}\ i_p\ l\ \delta\ ; \qquad (24)$$

o seu valor eficaz será

$$I_{ef} = \frac{1}{2}\ i_p\ l\ \delta\ . \qquad (25)$$

6. — Significado físico da "espessura de pele" e cálculo da resistência efectiva em corrente alternada.

Calculemos a resistência eléctrica da parte do condutor correspondente à área unitária A B B' A' *e a uma espessura igual a* δ, *supondo que era uniforme a distribuição das linhas de corrente na área de lados* $l = \overline{AB}$ *e* δ. Teremos

$$R = \frac{1}{\sigma}\ \frac{l}{\delta\ .\ l} = \frac{1}{\sigma\ .\ \delta}\ . \qquad (26)$$

Calculemos também as perdas por efeito Joule que teriam lugar nessa resistência se a corrente total I fluísse uniformemente na espessura δ. Será, pelas equações (26) e (25) e tomando $l = 1$,

$$P = I_{ef}^2\ R = \frac{1}{4}\ \frac{\delta}{\sigma}\ i_p^2\ . \qquad (27)$$

Comparando as expressões (27) e (20) concluímos portanto que *as perdas por*

efeito Joule, no bloco semi-infinito, tendo em consideração a variação exponencial da densidade de corrente, são iguais às perdas que existiriam se a corrente total fluísse, com densidade uniforme fictícia, apenas na espessura δ do bloco condutor. É por esta razão que o parâmetro δ tem a designação de *espessura de pele* ou *espessura equivalente de penetração.* A conclusão que obtivemos, com todo o rigor, para o caso ideal de um bloco semi-infinito, aplica-se com suficiente aproximação quando a espessura do condutor for muito grande em relação à espessura de pele. Nessas circunstâncias, *para se calcular a resistência efectiva de um condutor, em corrente alternada de uma certa frequência, bastará determinar o valor da espessura de pele para essa frequência e calcular a resistência óhmica do condutor suposto apenas com uma espessura igual à espessura de pele.* Isso equivale, como vimos, a supor que a corrente flui apenas na camada superficial de espessura δ, mas com densidade fictícia uniforme.

Nos casos em que a espessura real do condutor não é muito grande em relação à espessura de pele, o erro cometido em considerar a equivalência referida pode ser muito apreciável e para esses casos devem ser utilizados outros métodos de cálculo.

7. — Aplicações práticas

Vejamos algumas aplicações práticas das conclusões que obtivemos.

7.1 — *Cálculo da resistência efectiva em C. A. de condutores de secção circular. Exemplo prático.*

Seja l o comprimento do condutor, a o raio, σ a condutibilidade e f a frequência da C. A. que o percorre.

A resistência em C. C. será, como sabemos,

$$R_{cc} = \frac{1}{\sigma}\,\frac{l}{\pi a^2} \quad . \qquad (28)$$

A resistência em C. A. será, dentro da aproximação que vimos,

$$R_{ca} = \frac{1}{\sigma}\,\frac{l}{\pi a^2 - \pi (a-\delta)^2} = \frac{1}{\sigma}\,\frac{l}{2\pi a \delta - \pi \delta^2} \quad . \qquad (29)$$

O quociente $\frac{R_{ca}}{R_{cc}}$ será portanto

$$\frac{R_{ca}}{R_{cc}} = \frac{1}{2\,\frac{\delta}{a} - \left(\frac{\delta}{a}\right)^2} \quad . \qquad (30)$$

A experiência mostra que a expressão (30) é correcta dentro de um erro inferior a 1 % para valores de $\frac{a}{\delta}$ superiores a 4. Para valores de $\frac{a}{\delta}$ superiores a 50, dentro da mesma aproximação de 1 %, pode usar-se a fórmula seguinte que resulta da equação (30) desprezando o valor de $\left(\frac{\delta}{a}\right)^2$ em relação a $\frac{2\delta}{a}$:

$$\frac{R_{ca}}{R_{cc}} = \frac{1}{2}\,\frac{a}{\delta} \quad . \qquad (31)$$

Calculemos para um condutor de cobre de raio igual a 2 mm a relação $\frac{R_{ca}}{R_{cc}}$ para as frequências de 100 Kc/s, 1 Mc/s, 10 Mc/s e 100 Mc/s, respectivamente nas bandas de ondas quilométricas, hectométricas, decamétricas e métricas. O valor da permeabilidade magnética pode ser tomado como igual ao do vazio, e será:

$$\mu = \mu_0 = 4 \,.\, \pi \,.\, 10^{-7} \quad \mathrm{H\ m^{-1}} \quad .$$

Para o cobre podemos considerar

$$\sigma = 0{,}58 \times 10^8 \quad \mathrm{Ohm^{-1}\ m^{-1}} \quad .$$

A partir da equação (5) calculemos os valores de δ para as quatro frequências dadas; esses valores são indicados no seguinte quadro onde também se indicam os valores correspondentes da relação $\frac{a}{\delta}$ e da relação $\frac{R_{ca}}{R_{cc}}$ calculada, respectivamente, a partir das equações (30) e (31).

f c/s	10^5	10^6	10^7	10^8
δ m	$20{,}8 \times 10^{-5}$	$6{,}6 \times 10^{-5}$	$2{,}08 \times 10^{-5}$	$0{,}66 \times 10^{-5}$
a/δ	9,6	30,3	96,0	303
$\frac{R_{ca}}{R_{cc}}$ (30)	5,1	15,4	48,3	152
$\frac{R_{ca}}{R_{cc}}$ (31)	4,8	15,2	48,0	152

7.2 — *Cálculo da resistência efectiva em C. A. de condutores de secção rectangular. Exemplo prático.*

Consideremos uma secção rectangular de lados *a* e *b*. Será, para um certo comprimento l,

$$R_{cc} = \frac{1}{\sigma}\,\frac{l}{ab}$$

$$R_{ca} = \frac{1}{\sigma}\,\frac{l}{ab - [(a - 2\delta)(b - 2\delta)]} =$$

$$= \frac{1}{\sigma}\,\frac{l}{2\delta(a+b) - 4\delta^2} \simeq \frac{1}{\sigma}\,\frac{l}{2\delta(a+b)}$$

e portanto

$$\frac{R_{ca}}{R_{cc}} \simeq \frac{a\,b}{2\delta(a+b)}\,.$$

No caso de condutores de cobre e para a frequência de, por exemplo, 10 Mc/s, será como vimos $\delta = 2{,}08 \times 10^{-5}$ m e para valores de *a* e *b* respectivamente iguais a 2×10^{-2} m e 2×10^{-3} m será $\frac{R_{ca}}{R_{cc}} = 43{,}7$.

C. D. 661.54 (469)

NOVAS REALIZAÇÕES NACIONAIS

CIANAMIDA CÁLCICA

PELO ENG.º QUÍMICO-INDUSTRIAL (I. S. T.) MANUEL CHAGAS ROQUETTE

A Administração da Companhia Portuguesa de Fornos Eléctricos, que permitiu a divulgação dos elementos a seguir apresentados, cumpre-me manifestar os melhores agradecimentos.

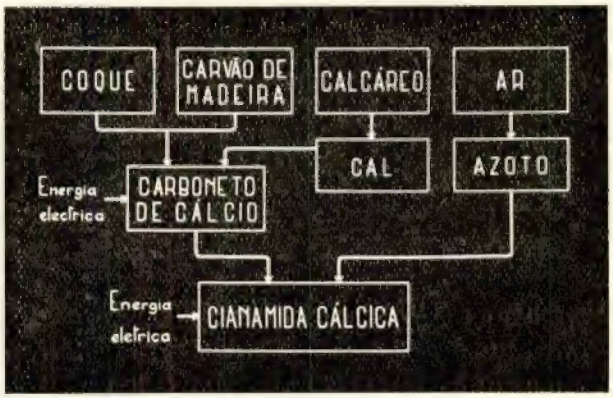
Nos últimos anos a maior procura de adubos especiais, adaptados a certas culturas e solos do nosso país, veio dar grande interesse à produção de cianamida cálcica, considerada, pelo Governo, indústria-base, no plano de ressurgimento nacional. Porque se tratava de indústria pobre, que teria de lutar com graves dificuldades económicas, a Companhia Portuguesa de Fornos Eléctricos (C. P. F. E.) possuidora das instalações fabris de carboneto de cálcio, de Canas de Senhorim, (Beira Alta), só se lançou nesse empreendimento quando, estimulada pelo Governo, encontrou da parte deste, o apoio financeiro de que necessitava.

Em 1950 iniciaram-se os trabalhos de construção civil e efectuaram-se as encomendas do equipamento principal; no princípio de 1952 começaram as montagens, que deverão estar concluídas nos primeiros meses do próximo ano.

1 — Localização da Indústria

A cianamida cálcica é o produto que resulta da fixação do azoto do ar sobre o carboneto de cálcio. As possibilidades da indústria dependem do carboneto de cálcio; e assim surgiu como única localização possível para esta nova indústria a vizinhança da fábrica de carboneto, já existente, e que iria abastecê-la. Esta solução tinha ainda o mérito de permitir que muitos serviços e meios de que dispunha aquele núcleo industrial (vias férreas privativas, laboratório, oficinas, sub-estação electrica...), fossem utilizadas pelo novo fabrico.

A unidade de carboneto foi instalada há mais de 30 anos na única zona de localização possível, perto das centrais eléctricas da Empresa Hidroeléctrica da Serra da Estrela, que a iriam abastecer (nessa época e anos imediatamente posteriores as possibilidades de distribuição de energia eram limitadíssimas).



A localização da indústria, se, a princípio, não era a mais feliz, sob o ponto de vista de abastecimento de matérias-primas, tem vindo melhorando constantemente, e hoje, pode considerar-se muito favorável. De facto a matéria-prima consumida em maior quantidade (cal) efectua percurso de cerca de 100 km, e o redutor de melhor qualidade e presentemente o mais utilizado (carvão vegetal) é adquirido na região. Porque cerca de 21 % da cianamida é constituída por azoto, extraído do ar, vai diminuir ainda, com a entrada em laboração da nova indústria, a importância relativa do transporte de matérias-primas se-

cundárias, que têm de efectuar percursos maiores.

2 — Capacidade e tipo de produção

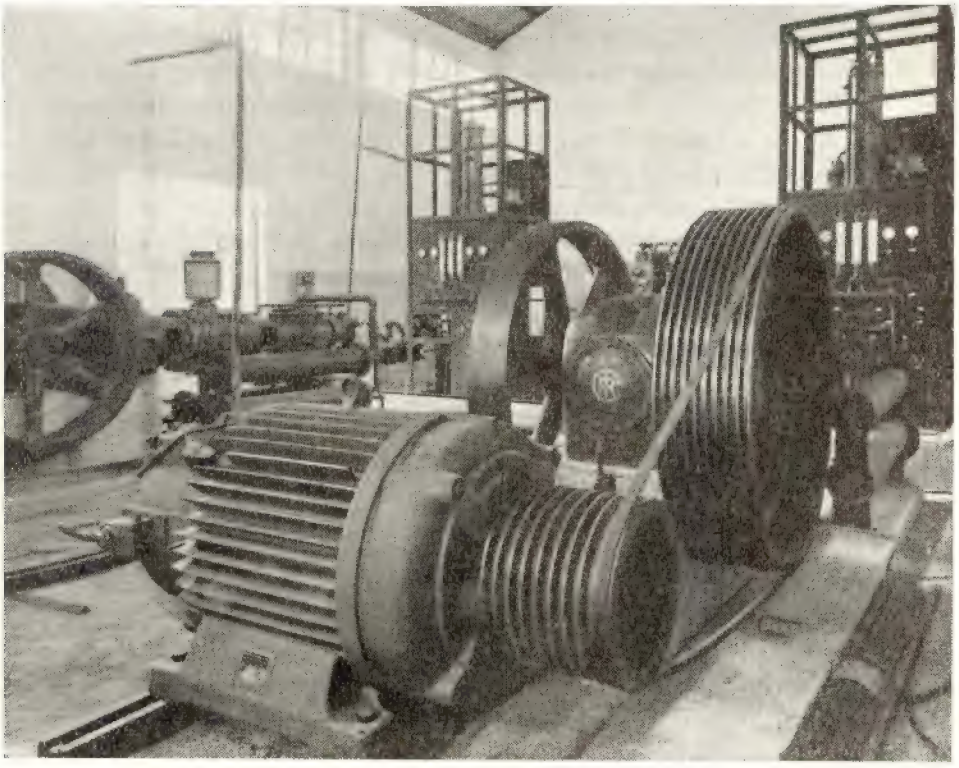
A capacidade de produção encontrou-se condicionada por:

a) produção da fábrica de carboneto

b) consumo do País

O consumo anual de cianamida cálcica no País, oscilava, há cerca de meia duzia de anos, por 4.000 toneladas, com nítida tendência para subir. Por outro lado, a fábrica de carboneto existente pode, em campanha de oito meses, produzir matéria-prima, que azotada se transformará em cerca de 8.000 toneladas de cianamida cálcica. Pareceu assim sensato montar a nova indústria, com possibilidade de produção inicial folgada (8.000 toneladas). Prevendo ainda aumento superior de consumo, a capacidade da aparelhagem fundamental (moagens, central de azoto, sub-estação), foi concebida para produções anuais de 10.000 a 13.000 toneladas. O consumo tem vindo aumentando nos últimos anos, confirmando amplamente as previsões formuladas (na campanha de 1951/52 gastaram-se já mais de 8.000 toneladas de cianamida cálcica).

Escolheu-se, para tipo de cianamida a produzir, a forma oleada, por ser aquela que, correspondendo a fabrico económico, para a capacidade de produção prevista, melhor podia satisfazer as necessidades do País. Até agora, Portugal tem sido abastecido apenas com cianamida em pó. Esta última forma de cianamida tem propriedades abrasivas e irritantes para a pele e é fàcilmente arrastada pelo vento, o que torna difícil o seu manuseamento e aplicação. A cianamida oleada obtém-se a partir da cianamida em pó, pela adição de pequena quantidade de óleo. O óleo não prejudica as qualidades do adubo e diminui eficazmente os inconvenientes apontados



CENTRAL DE AZOTO — No primeiro plano, os compressores de ar; em segundo plano, as colunas de destilação

para a cianamida em pó. É hoje o tipo de cianamida consumido mundialmente, em maior escala.

3 — Processo de Fabrico

Escolheu-se o sistema Frank-Caro, que utiliza fornos eléctricos descontínnos com eléctrodo central. Esta técnica conduz a bons rendimentos e apresenta para uma instalação como a de Canas de Senhorim, que terá períodos de grande oscilação de marcha, a enorme vantagem de poder trabalhar com capacidades muito variadas e, por vezes, muito inferiores à produção diária normal.

Uma curta resenha permite ideia aproximada da linha de fabrico adoptada:

Produção de azoto

O ar é aspirado, comprimido e purificado; sofre expansão e é fraccionado; o azoto que se produz é conduzido para os fornos de azotação.

MOAGEM DE CARBONETO — Em primeiro plano, a estructura das tremonhas da composição a azotar; a meio, o moinho tubular; ao fundo, estructura com tremonhas e distribuidores de cianamida de retorno e carboneto

Moagem de carboneto

As sangrias dos fornos de carboneto são britadas manualmente e depois moidas até à granulometria indispensável para um bom rendimento de azotação; nesta fase do fabrico efectua-se a mistura da composição para azotar.

Azotação

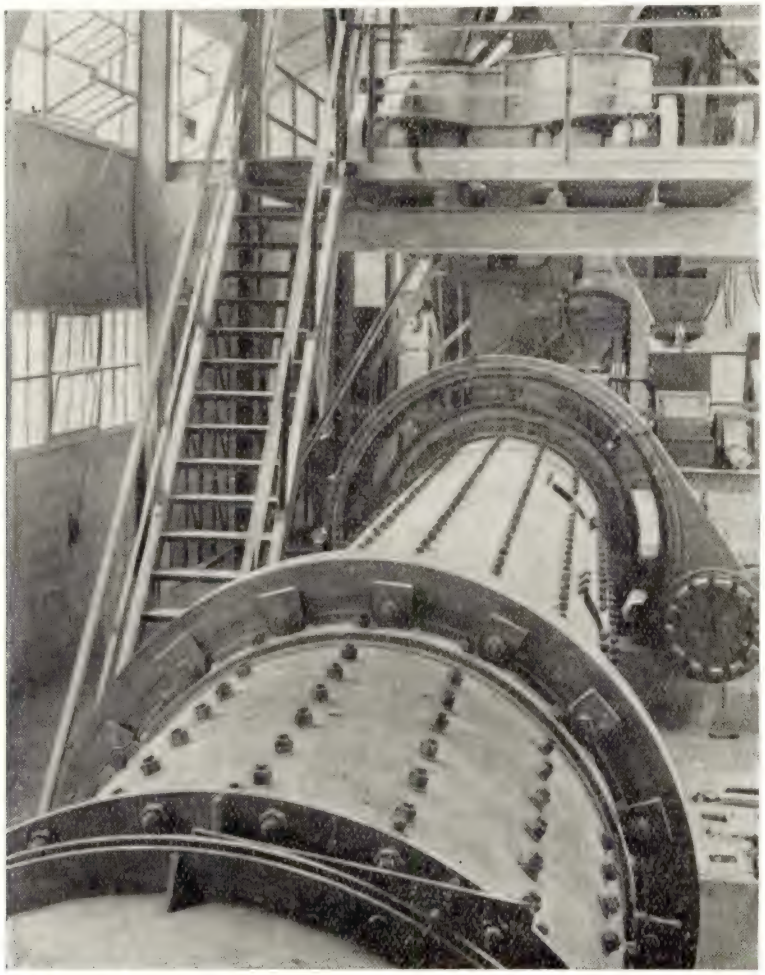
O carboneto misturado com os fundentes necessários é introduzido nos fornos de azotação, onde permanece em atmosfera de azoto. Liga-se o aquecimento eléctrico durante um curto período de tempo; retira-se o eléctrodo, prosseguindo a reacção exotérmica, por si própria. Os bolos são deixados arrefecer, seguindo depois para a moagem de cianamida.

Moagem de cianamida

Os bolos de cianamida são britados anualmente, e depois moidos até pó.

Descarbonetação e oleagem da cianamida

As pequenas quantidades de carboneto que a cianamida ainda pode conter, são eliminadas, por adição de água como medida de segurança. Após este processo a cianamida é misturada com óleo.



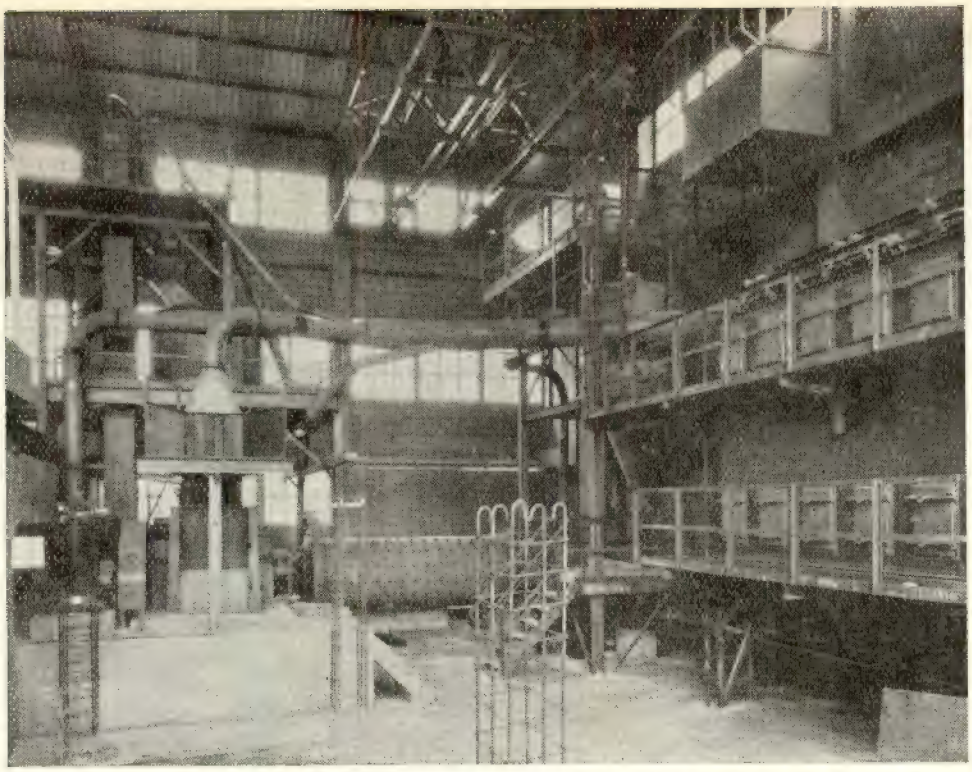
MOAGEM DE CARBONETO — No primeiro plano, o moinho tubular; ao fundo, à direita, o moinho de rolos

Armazenagem da cianamida

A cianamida é ensilada. A sua ensacagem efectua-se só no momento da expedição.

4 — Processos Químicos

Dois processos químicos dominam toda a fabricação da cianamida cálcica, condicio-



MOAGEM DE CIANAMIDA — Em primeiro plano, o sistema de despoeiramento; ao fundo, da esquerda para a direita, britador de martelos e moinho tubular

nando o equipamento e as técnicas a adoptar:

A) a azotação do carboneto de cálcio, conduzindo à formação de cianamida cálcica:

$$C_2Ca + N_2 \rightarrow CN_2Ca + 70{,}5 \quad Cal$$

B) a hidratação do carboneto de cálcio, com libertação consequente de acetileno:

$$C_2Ca + 2OH_2 \rightarrow C_2H_2 + (OH)_2\,Ca + 30{,}4 \quad Cal$$

C) *Azotação*

Até cerca de 1100°C, a reacção predominante é:

1) $C_2Ca + N_2 \rightarrow CN_2Ca + C + 70{,}5$ Cal

Acima de 1200°, começa a verificar-se em larga escala a decomposição da cianamida:

2) $CN_2Ca \rightarrow Ca + N_2 + C - 85{,}1$ Cal

Num intervalo relativamente curto de temperaturas (entre 1100 e 1200°C) subsistem os dois esquemas.

Supôs-se durante muitos anos que a reacção 1) era equilibrada; e que a temperaturas suficientemente elevadas (superiores a 1200°C) começaria a predominar o esquema inverso:

1') $CN_2Ca + C \rightarrow C_2Ca + N_2 - 70{,}5$

Mas, dois factos vêm confirmar o esquema 2 e negar a hipótese 1').

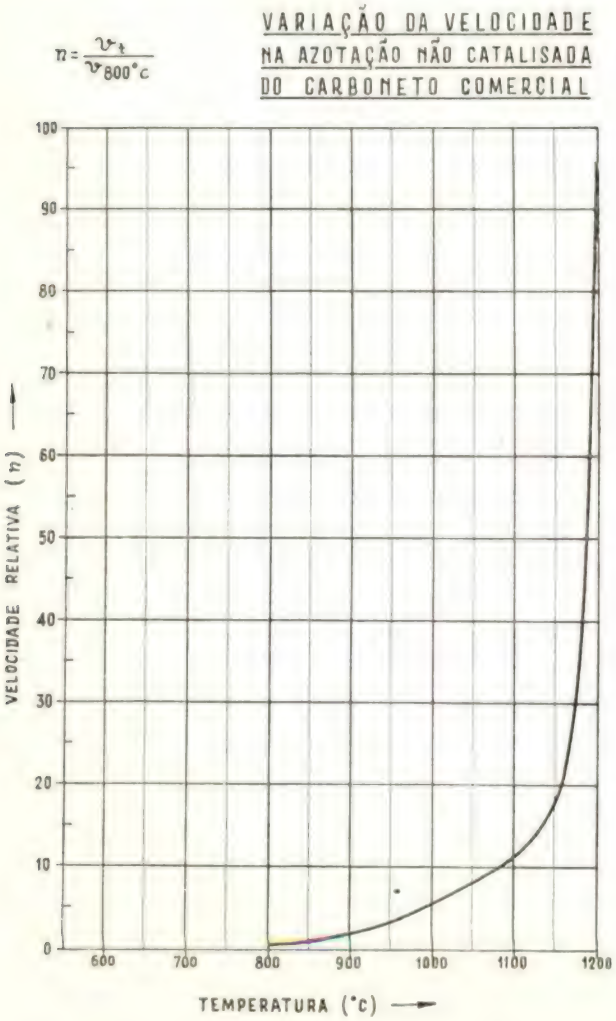
a) Acima de 1400°C é observável a volatização do cálcio, quando se abre um forno de cianamida sobreaquecida.

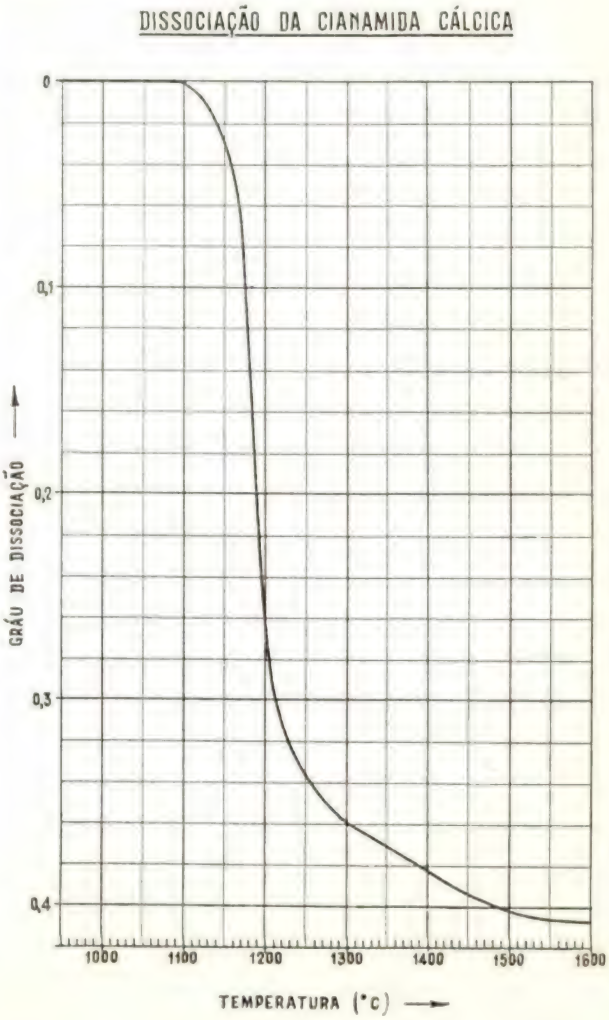
b) Os rendimentos de azotação são limitados (valores médios industriais compreendidos entre 80 e 90 %); se a reacção 1' se verificasse, 10 a 20 % do C_2Ca introduzido no forno seria encontrado no final do processo; no entanto as quantidades de C_2Ca, que aparecem na cianamida não descarbo-

netada, produzida em condições normais, oscilam entre 0,2 e 0,5 % e raramente atingem valores da ordem de 1 %.

Em esquema grosseiro, o azoto só reage com a composição a azotar, quando esta atinge estado muito próximo da fusão. Não se pode considerar fusão vulgar este fenómeno físico, visto que, em fornos com revestimento refractário de superfície canelada, o bolo mantém, quando é retirado (mesmo quando sofreu sobreaquecimento), a forma ligeiramente tronco cónica inicial. Por outro lado, o aspecto, com que o bolo sai, indica que se atingiu estado muito próximo da fusão (amolecimento). Moissan demonstrou que o carboneto de cálcio pràticamente puro não era azotável. Esta impossibilidade parece ser devida ao facto do carboneto de grande pureza não atingir o estado próximo da fusão, às temperaturas a que seria possível a azotação. No carboneto comercial, a cal e algumas das outras impurezas actuam como fundentes; igualmente se comportam como fundentes as matérias-primas acessórias, vulgarmente designados por catalisadores (espato-fluor, cloreto de cálcio).

A velocidade de azotação do carboneto comercial mantém valores baixos até 1100°C, e, apenas de 1100°C para cima, cresce ràpidamente (vidé gráfico junto). Mas, precisamente nesta última zona de temperaturas, a cianamida começa a decompor-se em percentagem apreciável (vidé gráfico de dissociação da cianamida cálcica, baseado nas experiências de Frank. Heiman e Cochet). Este facto impôs o emprego de fundentes (cloreto de cálcio, espato fluor), que





permitiram um aumento considerável de velocidade, a temperatura suficientemente afastada da zona de dissociação. Devido à actuação destas substâncias, a mistura a azotar atinge o estado de fusão a temperatura conveniente. Na nova fábrica portuguesa será utilizada, uma mistura de fundentes da própria cianamida (10 a 15 °/₀ do total da carga para azotar) e de espato (1 a 1,5 °/₀ da carga para azotar). O estado de divisão da mistura a azotar é também um dos principais factores responsáveis pelo rendimento de azotação. Justifica-se esta influência tão grande do estado de divisão por se tratar de reacção em meio heterogéneo, que se efectua entre um gás e um sólido num estado próximo da fusão.

Entre os principais condicionamentos que a azotação do carboneto impõe ao equipamento e técnica a utilizar, podem apontar-se: utilização de mistura de fundentes (espato e cianamida de retorno), que permitam a fixação de azoto, com bons rendimentos, a temperatura suficientemente afastada da zona de decomposição do produto; moagem fina da composição a azotar até granulometria de 5.000 a 6.000 malhas/cm^2 (indicada pela prática industrial), afim de aumentar a superfície de contacto da fase gasosa; escorvamento bem controlado dos fornos de azotação, de modo a evitar sobreaquecimentos.

B — *Hidratação*

Na produção de cianamida cálcica, a partir do carboneto de cálcio, há que considerar dois tipos de hidratação:

a) hidratação primária do carboneto de cálcio, que se pode verificar já no arrefecimento da sangria e, na respectiva moagem, antes da azotação.
b) hidratação secundária do carboneto de cálcio, existente na cianamida cálcica (normalmente em percentagem inferior a 0 5°/₀), que se realiza no sector da descarbonetação.

O primeiro processo é altamente inconveniente, quer sob o ponto de vista económico (destruição de carboneto que não chega a ser azotado), quer sob o aspecto de segurança (libertação de acetileno, com perigo de aparecimento de misturas detonantes). Há toda a necessidade de evitar que esta hidratação se efectue em escala sensível.

A formação do acetileno, a partir do carboneto de cálcio:

$$C_2C_a + 2\,OH_2 \rightarrow C_2H_2 + (OH)_2C_a + 30{,}4 \text{ Cal}$$

é reacção extraordinàriamente violenta, que se verifica, mesmo em presença de vestígios de água. Com o fim de impedir a sua realização, tomaram-se medidas especiais: o carboneto é britado ainda quente; as matérias-primas acessórias são introduzidas no circuito, suficientemente secas; toda a moagem e ensilagem de carboneto moido se efectua em atmosfera de azoto; houve o cuidado de tornar suficientemente estanque o equipamento, que se encontra em locais onde exista perigo de infiltração de água ou humidade.

A hidratação dos vestígios de carboneto, que ainda permanecem na cianamida após azotação, pode verificar-se

a) acidentalmente, durante a moagem e transporte da cianamida.
b) no hidratador, onde propositadamente se adiciona água finamente dispersa, para eliminar o carboneto.

A hidratação acidental é de recear muito menos do que na moagem de carboneto, devido à pequena quantidade de C_2C_a presente. Nos aparelhos de moagem de cianamida, ou nem sequer se tomam precauções especiais para evitar aquela hidratação, ou essas precauções são de carácter reduzido.

Em compensação a hidratação secundária, que se realiza na descarbonetação, é processo delicado, porque:

a) conduz à formação de acetileno, em volume apreciável (perigo de oxidação explosiva)
b) provoca sobreaquecimento da cianamida tratada (perigo de decomposição prematura do adubo)

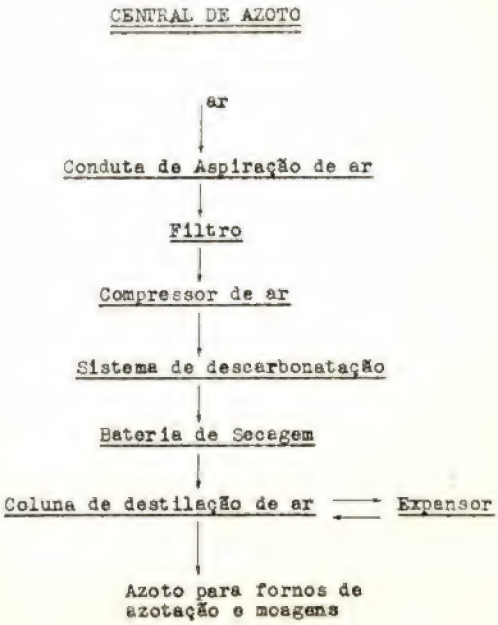
OLEAGEM — Torre e ligação para os silos

c) facilita a formação de dicianamida e porventura doutras substâncias nocivas (o que pode prejudicar a qualidade do produto).

Os perigos atrás apontados impõem: adição cuidadosa de água, para destruir o carboneto residual, de modo a evitar a decomposição do adubo e formação de produtos secundários nocivos, controle eficaz de temperatura durante a adição de água, com idêntico objectivo; ventilação eficiente e vigilância dos locais onde podem existir quantidades apreciáveis de acetileno.

5 — Equipamento da Indústria

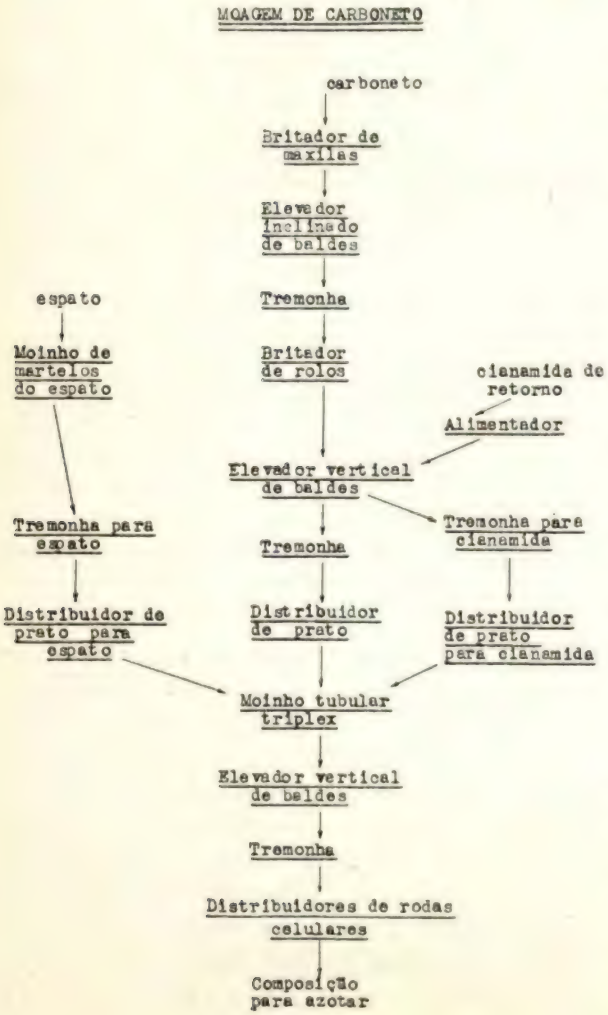
Os esquemas anexos mostram a linha de fabrico da nova indústria. As fotografias focam aspectos de montagem, em fase já



avançada (Outubro de 1952). Indicam-se a seguir, resumidamente, os diferentes orgãos e as características fundamentais de cada sector.

Central de azoto

A central é constituida por 2 linhas de produção de azoto, com capacidade horária de 350 m^3. A solução das 2 linhas apresenta a grande vantagem de não cessar a produção de azoto, enquanto se efectuam as necessárias reparações periódicas numa das colunas. A instalação é do tipo Claude, com purificação prévia do ar comprimido, permutadores e liquidificadores, expansores, com recuperação de energia eléctrica e colunas de destilação, constituidas por sistemas de média e baixa pressão e vaporizadores.



Devido ao perigo de formação de misturas detonantes e de acetileno de cobre, explosivo, mesmo a baixa temperatura, tomam-se precauções especiais. O ar que alimenta a central de azoto, pode ser aspirado por 2 chaminés suficientemente afastadas da zona de poeiras e gases, que oferecem perigo para aquela instalação. As 2 chaminés trabalharão alternadamente, conforme o vento dominante. As condutas de ar foram dimensionadas com secção ampla (velocidade da ordem de 1,5 m/seg.) afim de diminuir qualquer eventual arrastamento de poeiras e carboneto. A instalação é provida de filtros especiais para acetileno, e frequentemente serão feitas análises daquele gás nas entradas das condutas e no líquido do vaporizador.

Moagem de carboneto

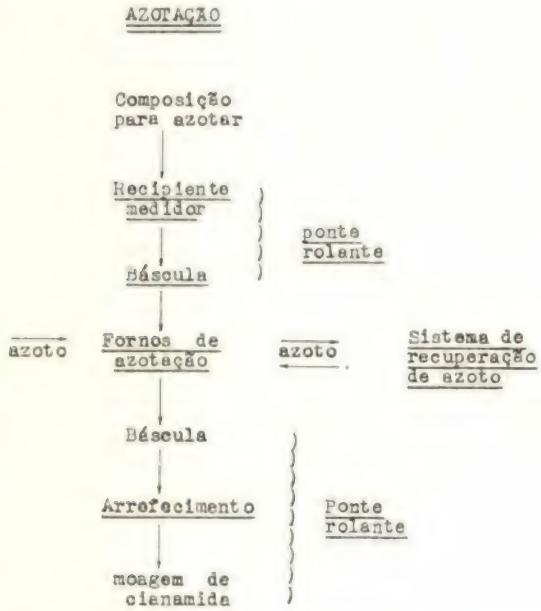
A capacidade deste sector é condicionada pela produção horária do moinho tubular (2.800 kg). A moagem efectua-se em 3 escalões: britador de maxilas, moinho de rolos e moinho tubular triplex. O dimensionamento dos aparelhos de moagem foi feito por comparação com instalações já existentes do mesmo tipo; a lei de Rittinger revelou-se de grande utilidade no estudo da britagem e moagem média; no campo da moagem fina, a fórmula de Blanc deu óptimos resultados.

O moinho tubular funciona também como órgão de mistura dos três constituintes da carga a azotar (carboneto, cianamida de retorno e espato), os quais são introduzidos naquela máquina e doseados através de distribuidores de pratos, de débito fàcilmente regulável. Periòdicamente efectua-se contrôle químico da composição da mistura a azotar. O moinho de rolos permite alimentação do triplex em granulometria muito regular. A fase final da moagem efectua-se em atmosfera de azoto.

Todo este sector se encontra altamente mecanizado, com sistemas de sinalização automática de enchimento e esvaziamento de tremonhas e de falta de circulação de óleo lubrificante.

Azotação

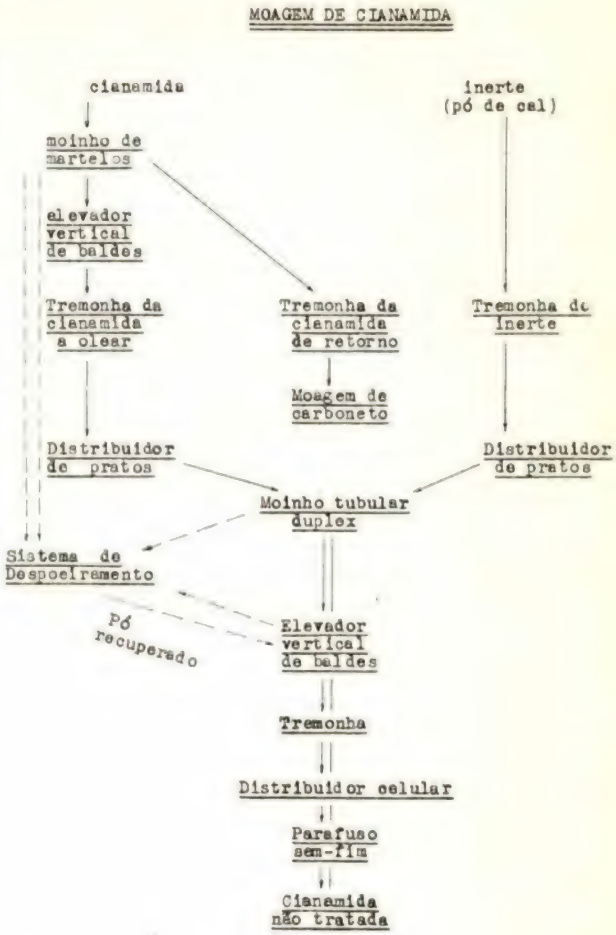
A azotação encontra-se apetrechada com 64 fornos discontínuos, do tipo Frank-Caro, com capacidade unitária de 1 tonelada (referida a composição a azotar). Escolheu-se aquela capacidade por que se trata de fornos, que conduzindo a bons rendimentos de azotação, permitem, pelo seu número, marcha com níveis de produção muito variáveis. Os fornos são revestidos interiormente por tijolo sílico-aluminoso: os eléctrodos para escorvamento são em carbono amorfo.



Por diferença de pesagens, da composição a azotar antes de entrar no forno, e do produto resultante, obtém-se indicação aproximada e simples do peso de azoto fixado, e portanto da marcha do processo. A análise química permite com maior precisão, rectificar aqueles resultados aproximados. A quase totalidade das operações efectuadas neste sector, são realizados por intermédio de ponte rolante. O azoto que não é imediatamente fixado, anda em circulação, passando por sistema purificador e recuperador.

Moagem de cianamida

A capacidade deste sector é condicionada pela produção horária do moinho tubular (4.000 kg). A moagem efectua-se em 2 escalões: britador de martelos e moinho tubular duplex. Seguiu-se o critério seme-



lhante ao utilizado para a moagem do carboneto, no que diz respeito a dimensionamento dos diferentes órgãos de moagem.

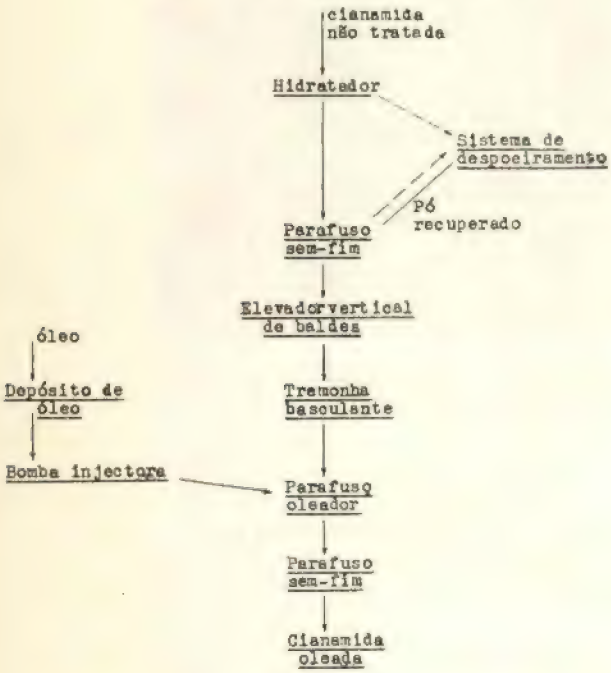
O moinho tubular funciona anàlogamente como órgão de mistura da cianamida, com o inerte (pó de cal) que lhe reduz o teor em azoto de 22-23 % ao valor normal de venda (18 % ou 20-21 %). Para doseamento, destas 2 matérias, o qual é controlado periòdicamente por análise química, utilizaram-se distribuidores de pratos, de débito regulável. Justifica-se a escolha dum britador de martelos, no primeiro escalão, e da existência apenas de 2 escalões, por razões de ordem económica e pelo facto da cianamida só necessitar ser moída até granulometria (400 malhas/cm^2) muito menos fina do que a composição a azotar (5.600 malhas/cm^2).

Um sistema de recuperação de poeiras, à base de filtros de panos (rendimento previsto superior a 95 %) permite a reintrodução no circuito de facção apreciável de cianamida. Também neste sector existe sistema indicador do nível das tremonhas.

Descarbonetação e oleagem

A capacidade horária do sector é idêntica ao da moagem de cianamida que o alimenta (4.000 kg). Mereceu cuidados especiais a concepção do hidratador (descarbonetador) onde se faz a eliminação dos vestígios de carboneto residual, ainda encerrados na cianamida. Este aparelho apresenta aperfeiçoamentos interessantes em relação às máquinas do mesmo tipo, existentes nas

DESCARBONETAÇÃO E OLEAGEM



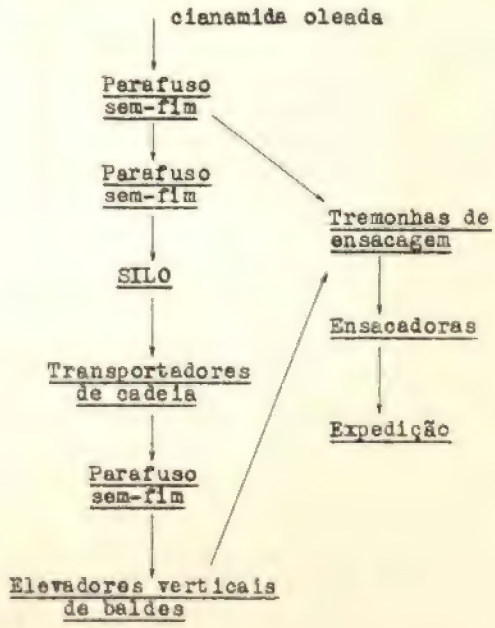
fábricas mais modernas: a cianamida é introduzida e doseada através de distribuidor celular de regulação muito sensível; o débito de água é fàcilmente regulado de acordo com a quantidade de produto a descarbonetar; a admissão de água é cortada automàticamente, se diminui a alimentação de cianamida; as condições de mistura e arrefecimento são largamente variáveis; trabalha-se com excesso considerável de ar, a fim de impedir a formação de misturas detonantes; um sistema de sinalização denuncia a paragem de circulação de água. Na descarbonetação foram tomadas ainda outras precauções especiais: ventilação enérgica (da ordem de uma renovação por minuto), em todos os locais onde haja perigo de formação de bolsas de acetileno; determinação periódica dos teores daquele gás, nos sítios mais perigosos; inserção de numerosas portas de explosão (na relação de $1 m^2/1 m^3$).

A oleagem apresenta regulação de débitos de cianamida e óleo, e dispositivos de sinalização semelhantes aos existentes no hidratador.

Na descarbonetação montou-se um sistema de recuperação de poeiras, à base de ciclones (rendimento previsto de cerca de 70 %). Não se utilizou a solução filtro de panos, que apresentava, em primeira análise, rendimentos mais elevados, devido ao perigo de colmatagem frequente, por se lidar com poeiras muito húmidas.

Neste sector, e em todos os restantes, adoptou-se sempre que possível, critério geral de normalização dos aparelhos de transporte (elevadores de baldes, sem-fins), e dos motores que os accionam.

ENSILAGEM E ENSACAGEM

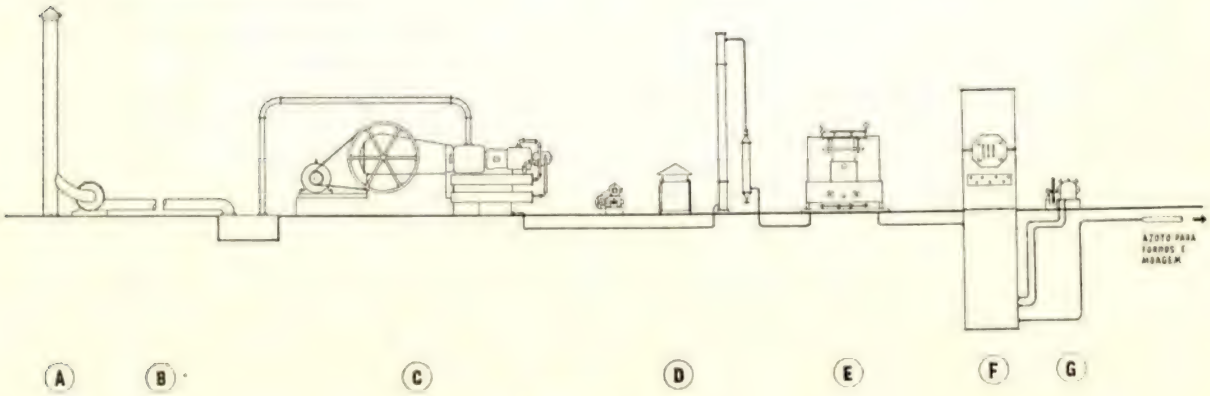


Ensilagem e ensacagem

A capacidade horária da ensilagem é igual à dos sectores anteriores (4.000 kg.). Existe a possibilidade de fabricar e ensacar imediatamente ou de ensilar, e de só ensacar posteriormete, na altura da expedição. Os sistemas de desensilagem e ensacagem têm débito horário suficientemente elevado (36.000 kg.), para permitir a expedição de tonelagem apreciável, em prazos curtos, como é habitual em fábricas de adubo.

VISTA PARCIAL DA NOVA FÁBRICA — Da esquerda para a direita, edifício da moagem de carboneto, edifício de azotação e moagem de cianamida, torre de oleagem e silos

A — Ventilador
B — Conduta de ar
C — Compressor de ar
D — Descarbonatação
E — Secagem
F — Coluna de destilação de ar
G — Expansor



Central de azoto

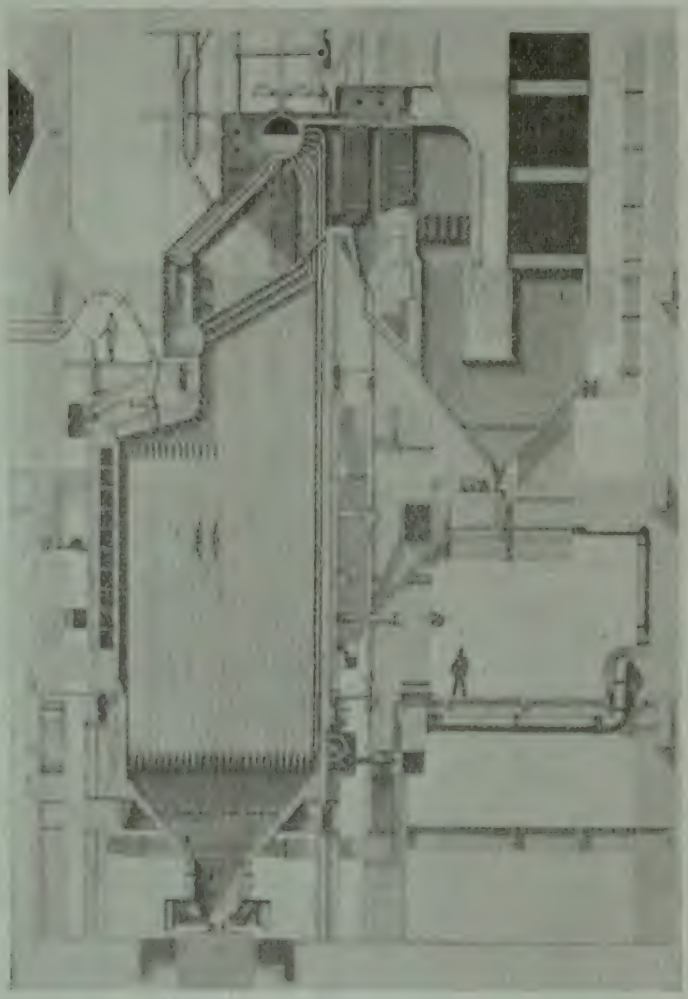
SOCIÉTÉ ALSTHOM

PARIS

Referências em Portugal:

Companhia União Fabril
CUF

S. A. Conc. Ref. Petróleos
SACOR



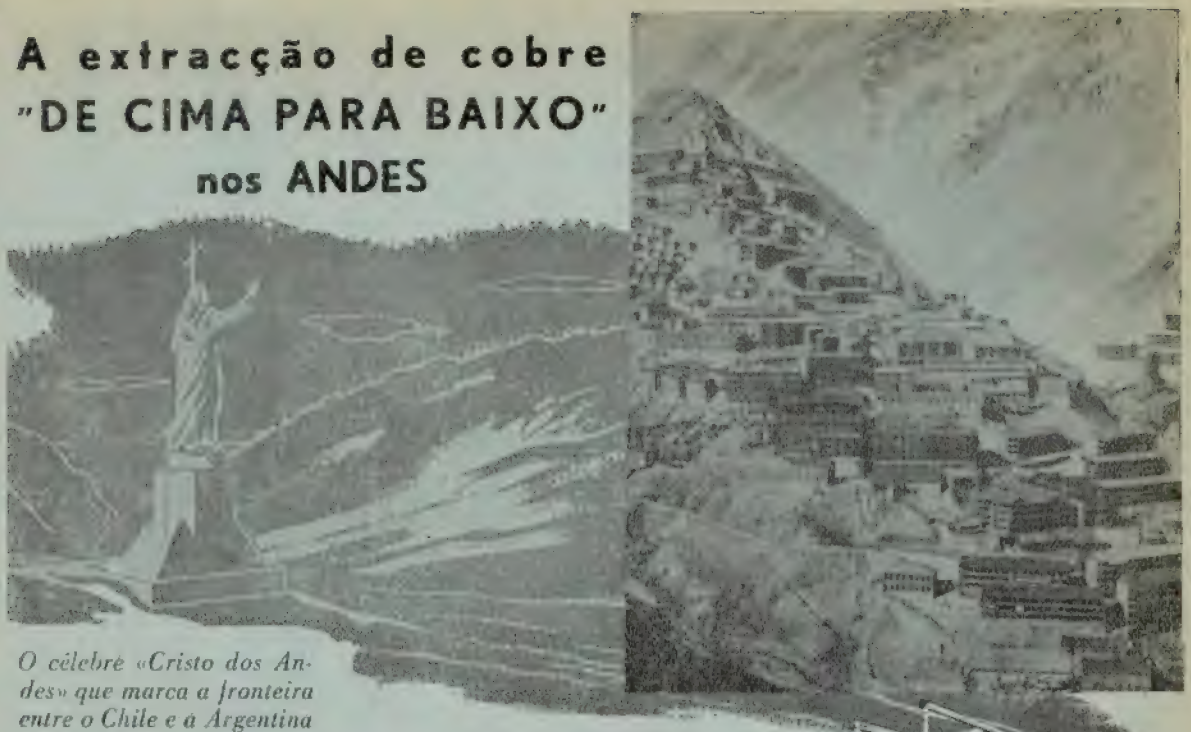
E. D. F. CENTRAL de YAINVILLE
4 caldeiras de circulação natural
110/135 T. vapor-hora — 80 HPZ — 510° C

DELEGADOS EM PORTUGAL

AGÊNCIA GERAL DE MATERIAL ELÉCTRICO, L.DA

Rua dos INDUSTRIAIS, 4, 1.° • LISBOA • Telefones 6 0692 - 6 6082

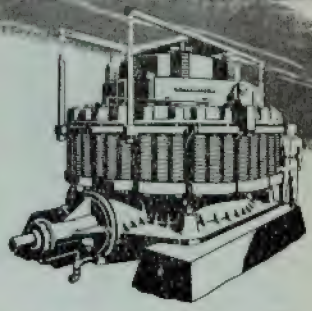
A extracção de cobre "DE CIMA PARA BAIXO" nos ANDES



O célebre «Cristo dos Andes» que marca a fronteira entre o Chile e a Argentina

Esta curiosa gravura mostra-nos um acampamento de mineiros talhado na encosta ocidental dos Andes chilenos, a mais de 2.000 m. de altitude. O aspecto mais curioso da extracção é que se faz de «cima para baixo». O minério encontra-se nas vertentes da serra, a grande altitude, e é expedido para baixo, numa extensão de cerca de 600 m., através de «chaminés» cortadas na rocha até a um túnel. Tanto os mineiros como o equipamento são içados, e não descidos, como é normal, para o seu lugar de trabalho. Nas oficinas desta mina há 12 Britadeiras cónicas «Symons» que reduzem todo o minério extraído a um diâmetro de menos de 3/8», para o tratamento subsequente.

Seja qual for a região mineira do mundo que visitar, *da Cordilheira dos Andes à Zambézia...* verificará a presença das Britadeiras cónicas «Symons», as preferidas pelos maiores produtores de minérios para fins industriais do mundo inteiro.



As Britadeiras cónicas "Symons"... as máquinas que revolucionaram o trabalho nas minas... fabricam-se nos tipos Standard Short Head e intermediário, com cabeça de britar de diâmetro de 60cms. a 2m.,30 com a capacidade de 6 a 900 toneladas por hora

"SYMONS"... marca registada da Nordberg conhecida em todo o mundo

ACONSELHAM-SE AS SEGUINTES PRODUÇÕES DA NORDBERG

BRITADEIRAS PRIMÁRIAS «SYMONS»

MOINHOS

MOTORES DIESEL

GUINDASTES PARA MINAS

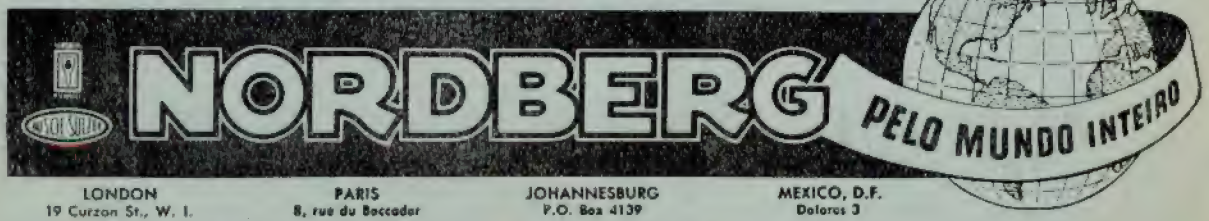
MATERIAL PARA CONSERVAÇÃO FERROVIÁRIA

SEPARADORAS VIBRATEIS «SYMONS»

PENEIRAS VIBRÁTEIS «SYMONS»

NORDBERG MFG. CO., Milwaukee, Wisconsin, U.S.A. TELEGRAMAS: NORDBERG

X M-152-P



LONDON
19 Curzon St., W. I.

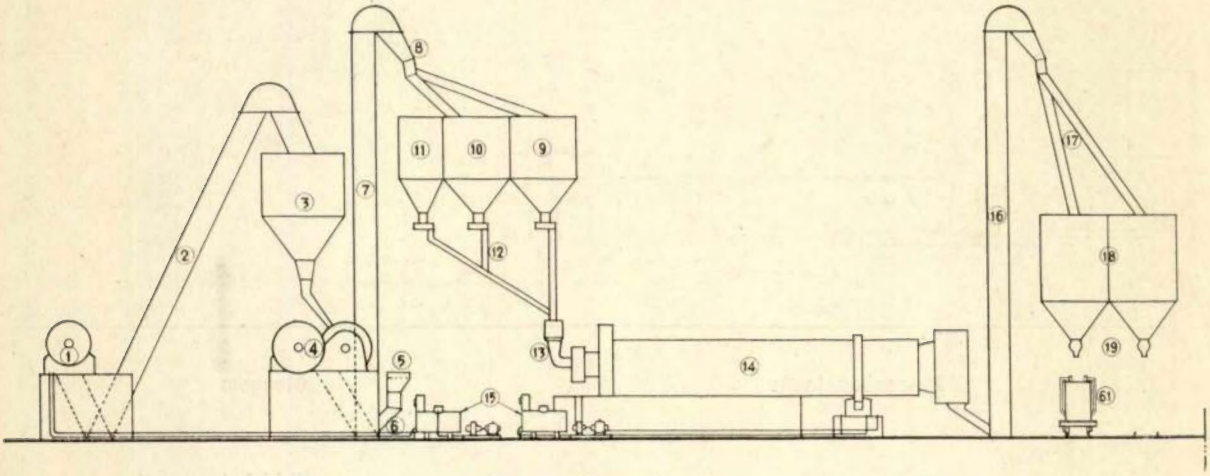
PARIS
8, rue du Boccador

JOHANNESBURG
P.O. Box 4139

MEXICO, D.F.
Dolores 3

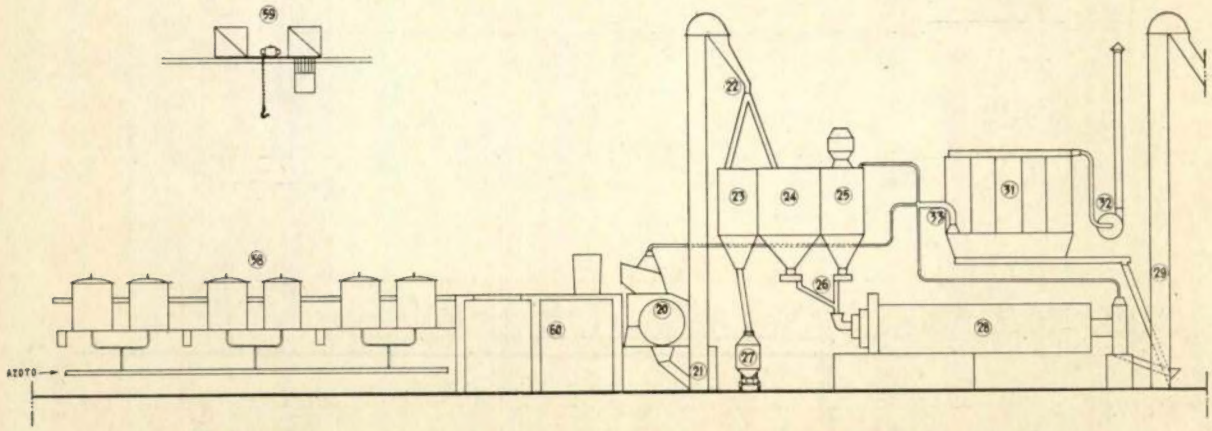
Representantes nas principais áreas do mundo

1 — Britador de maxilas
2 — Elevador inclinado
3 — Tremonha
4 — Moinho de rolos
5 — Tremonha
6 — Dispositivo de alimentação
7 — Elevador vertical
8 — Caleira
9 — Tremonha
10 — Tremonha para cianamida
11 — Tremonha para espato
12 — Distribuidores de pratos
13 — Dispositivo de alimentação
14 — Moinho tubular de três câmaras
15 — Sistema de lubrificação
16 — Elevador vertical
17 — Caleira
18 — Tremonha
19 — Distribuidores celulares
61 — Medidor



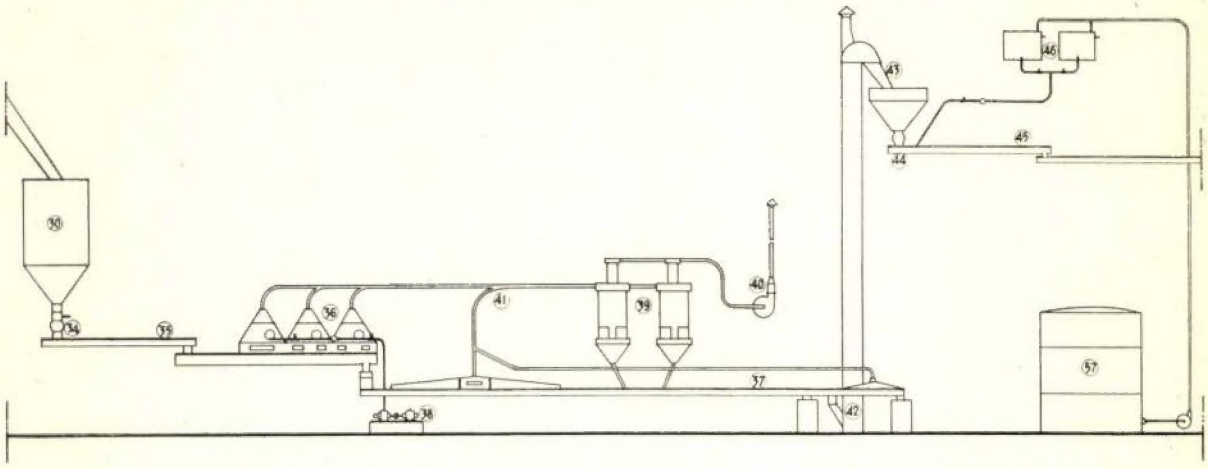
Moagem de carboneto

20 — Britador de martelos
21 — Elevador vertical
22 — Caleira
23 — Tremonha para cianamida
24 — Tremonha para cianamida
25 — Tremonha para matéria inerte
26 — Distribuidores de pratos
27 — Tremonha de transporte
28 — Moinho tubular
29 — Elevador vertical
31 — Filtro de pano
32 — Ventilador
33 — Canalização do despoeiramento
38 — Fornos de azotação
59 — Ponte rolante
60 — Zona de arrefecimento



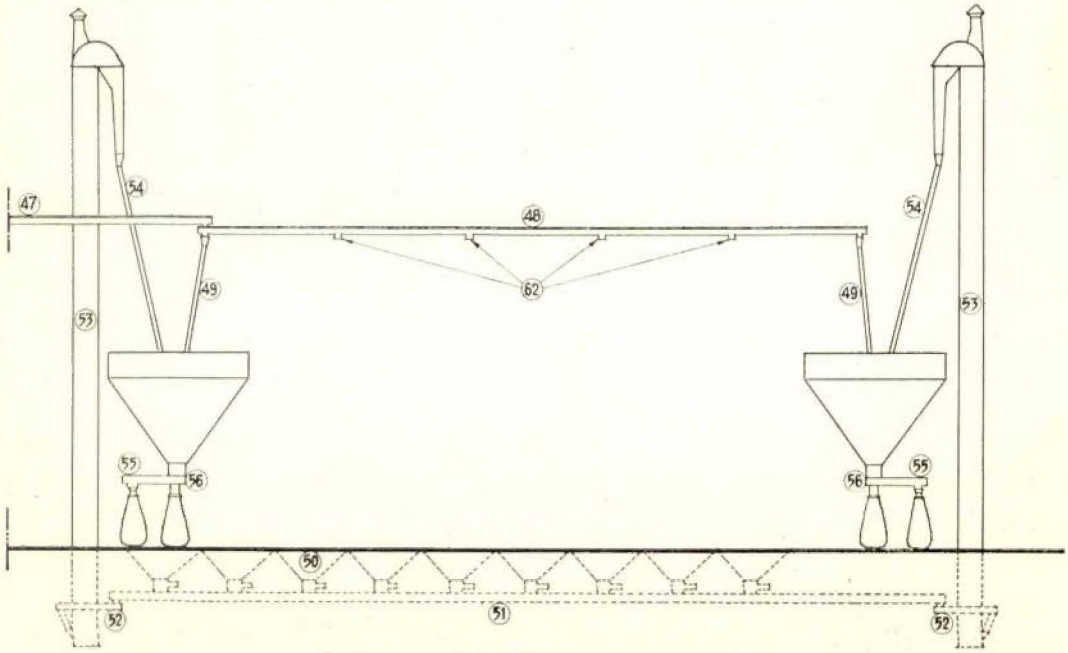
Azotação **Moagem de cianamida**

30 — Tremonha para cianamida
34 — Distribuidor circular
35 — Sem-fim
36 — Descarbonetador
37 — Sem-fim
38 — Bomba centrífuga
39 — Ciclones
40 — Ventilador
41 — Canalização dos ciclones
42 — Elevador
43 — Tremonha basculante
44 — Distribuidor celular
45 — Sem-fim oleador
46 — Sistema de alimentação de óleo
57 — Depósito de óleo



Descarbonetação **Oleagem**

47 — Sem-fim
48 — Sem-fim
49 — Caleiras
50 — Tremonhas de descarga
51 — Transportadores de cadeia
52 — Sem-fins
53 — Elevadores verticais
54 — Caleiras
55 — Básculas automáticas
56 — Tubos telescópicos
62 — Descarga para os silos



Ensilagem, desensilagem e ensacamento

C. D. 69.002. 2

PERSPECTIVAS DA PRÉ-FABRICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES (*)

RUY JOSÉ GOMES

Eng.º Chefe da Secção de Processos de Construção do Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Generalidades

Pré-fabricação. O termo surgiu, há anos, no vocabulário da construção com foros de novidade revolucionária. E pretende designar a técnica não tradicional, de executar, em fábrica, sob regime de produção industrial, os elementos de construção ou, nalguns casos, a própria construção total.

Claro que, num sentido lato, a pré-fabricação é tão velha e tradicional como a técnica usual de construção. Implicavam labor prévio os blocos de argila secados ao sol, as pedras afeiçoadas, os madeiramentos talhados das construções primitivas. Na construção actual a dificuldade está em encontrar materiais ou elementos que sejam levados para a obra virgens de qualquer operação de fabrico, de talhe ou de montagem, preparatória da sua aplicação.

Daqui ressalta a imprecisão, aliás perfeitamente reconhecida por quem o aplica, do termo pré-fabricação. E resulta a necessidade de acentuar as peculiaridades essenciais da técnica nova que este termo, à falta de outro melhor, designa.

Assim, são características da pré-fabricação.

— a necessidade dum acurado estudo de projecto de cada elemento da construção e do respectivo sistema de montagem, e o seu aperfeiçoamento sucessivo com base na realização experimental de protótipos;

— a execução, em série, de elementos de construção em instalações centralizadas ou do pé da obra, por pessoal operário, enquadrado em moldes oficinais:

— a produção de elementos que, pelas suas dimensões e facilidade de montagem em obra incrementem a rapidez da construção;

— o emprego, no estaleiro, de meios expeditos de transporte e elevação proporcionados às dimensões, forma e peso dos elementos a montar em obra;

— a quase independência da técnica de execução relativamente às profissões tradicionais da construção.

Em síntese destas características pode propor-se que se defina por Pré-fabricação:
— a execução em fábrica ou oficina de elementos formando a parte ou o todo duma construção e a sua montagem em obra por meios simples e expeditos de ajustamento e ligação.

O surto desta técnica nova de construção está ligado às dificuldades dos períodos de emergência de durante e após as últimas guerras.

Tomemos como exemplo a Inglaterra. Após 1918, a carência de habitações e a necessidade de resolução do problema do desemprego na indústria do aço, levaram à criação de vários tipos de casas [1], parcialmente pré-fabricadas, que empregavam

(1) Tipos: Weir, Cowieson, Atholl, Telford, Braitwaite, Dorlonco.

(*) Palestra incluída no programa da «Semana de Engenharia Civil» organizada pela A. E. I. S. T., em Maio de 1952.

como material principal o aço em estruturas ou em chapas de revestimento.

Outras construções pré-fabricadas surgiram depois, usando como material básico o betão ([2]) e a madeira ([3]).

Nestas realizações, fruto duma improvisação sem base científica e experimental, não se atingiram resultados de qualidade ou de rendimento económico superiores aos das construções correntes. E em 1930, sucessivamente caídos em desuso, os vários tipos de construção pré-fabricada criados, abandonaram completamente o campo perante os sistemas tradicionais.

Com a última guerra, de novo as técnicas não ortodoxas de construção, e principalmente a pré-fabricação, foram retomadas para resolver a situação de crise manifestada, concorrendo para solucionar o problema das construções temporárias ([4]) e, no após guerra, alargando a sua intervenção no campo das construções permanentes, cuja carência ([5]) se fez sentir gravemente. Surgiram então numerosos esquemas — algumas centenas — de sistemas de construção pré-fabricada, os quais, coados através dum controle oficial oportunamente estabelecido, deram origem a algumas dezenas de protótipos reproduzidos depois em realizações definitivas.

Decerto por na sua origem, a pré-fabricação surgir como uma solução construtiva de emergência e ainda porque as suas realizações recentes não se enquadram no tipo geral de construção ortodoxa ([6]), o conservantismo público recebeu friamente esta nova técnica.

Mas, passado o período das realizações de «tentativa e erro» alguns dos sistemas construtivos ensaiados mostravam capacidade potencial de concorrência com a construção tradicional, em custo e em qualidade.

E, agora já à margem das situações de emergência, surgia com a pré-fabricação, a oportunidade de enquadrar em moldes de produção industrial, a construção de habitações.

Com efeito, é surpreendente que, perante uma evolução técnica geral, formidável, como a que se tem processado desde o advento da Revolução Industrial, a indústria da construção se mantenha rotineiramente imutável. Por exemplo, é já clássica a comparação da indústria da habitação, milenária, com a recentíssima indústria do automóvel, para destacar a inércia daquela em face do progresso desta. Mas mesmo em comparações mais pertinentes como a da construção de habitações com a das obras chamadas de engenharia civil, ressalta essa diferença.

Perante este estado de coisas, as possibilidades de industrializar e racionalizar a construção oferecidas pela pré-fabricação, atrairam para esta técnica uma larga e interessada atenção que tem acompanhado e de certo modo fomentado o seu desenvolvimento e evolução.

Naturalmente, a pré-fabricação tem tido os seus entusiásticos propagandistas e os seus prudentes críticos.

As vantagens gerais do processo, aduzidas por aqueles, seriam ([7]):

— Economia de custo — devida principalmente à produção em série dos elementos de construção e à facilidade e rapidez da sua montagem em obra, resultando ainda do menor volume — material trabalhado, sem desperdícios — e do menor peso — elementos geralmente leves — dos transportes necessários.

— Rapidez de construção — devida, além

([2]) Tipos: Winget, Duo Slab, Underdown, Boot, Waller.

([3]) Casas desmontáveis importadas da Suécia.

([4]) Especialmente o tipo «Ministry of Works Standard Hut».

([5]) Resultante da paralização da construção durante a guerra, das destruições por bombardeamentos, da insuficiência de materiais e da falta de mão de obra.

([6]) Racionalmente, a pré-fabricação do após guerra aplica-se a projectos especialmente adoptados a esta nova técnica e naturalmente diferindo, ao menos no aspecto, das construções tradicionais.

([7]) Segue-se aqui, com alterações, omissões ou aditamentos julgados necessários, a relação apresentada em «Prefabrication-Report of a Committee appointed by the Royal Institute of the Architects of Ireland»